

## ATM VP 중계망의 성능 시험을 위한 OPNET 기반의 시뮬레이션 모델 구현

Implementation of OPNET-based simulation model  
for the performance evaluation of ATM VP Transit network

구수용\*, 김영탁\*

Soo-Yong Koo, Young-Tak Kim

### Abstract

In the forthcoming public ATM/B-ISDN, the efficient resource management with pre-planned transit networking which public domain NNI signaling is essential to maintain high network utilization and to assure QoS to the multimedia service users. For this purpose the transit networks must be managed according to the bearer service capability which is defined by ATM Forum and ITU-T.

In this paper, we introduce an implementation of ATM transit networking with ATM VP-XC(Virtual Path cross-connect) and NMS(Network Management System). The functions of ATM VP-XC and NMS have been simulated with OPNET 6.1 modules. We implemented the F4 OAM functions of ATM VP connection according to the ITU-T I.610 recommendation. Also, the ATM VP transit networking is managed by the NMS according to the connection management architecture of the TMN(Telecommunications Management Network) /TINA(Telecommunications Information Networking Architecture)

\* 영남대학교 대학원 정보통신공학과

## 1. 서론

ATM(Asynchronous Transfer Mode) 망은 저속의 전화에서 고속의 멀티미디어 응용 등 다양한 품질의 서비스를 지원하며 대규모 망에 적용할 수 있는 확장성 및 관리의 용이성을 가진다.

현재 2단계 사업이 추진되고 있는 초고속 국가망은 ATM 기간망으로 구성되며, 한국통신과 데이콤이 전국적인 기간망을 구축하고 있는 상태이다. 광케이블로 구성된 물리적 기간 전송망을 ATM이 제공하는 PVC(Permanent Virtual Circuit), VPN(Virtual Private Network) 등의 기능을 이용해 논리적인 VP(Virtual Path) 망으로 구성하게 되면 다양한 서비스 및 신기술을 신속하게 ATM 망에 적용할 수 있다[1].

VP 망 구성 등과 같이 사업자의 목적에 부합되는 형태로 망을 구성, 유지, 관리하기 위해서는 표준화된 통신망 관리 체계가 필요하다. ITU-T에서는 공중통신망의 관리를 위해 TMN(Telecommunications Management Network) 표준을 정의하고 있으며[2], TINA-C에서는 TINA(Telecommunications Information Networking Architecture)를 정의하고 있다[3]. 특히 TMN은 국내 초고속 국가망 구축 계획에서 필수적인 기능으로 규정되어, 국내에서 개발된 여러 통신 시스템들(HANbit CANS, HANbit DANS 등)에 그 기능이 구현되었다[4]. 현재 TMN 체계의 관리 기능을 가지는 장비들이 초고속 기간망에 설치된 상황이지만 TMN 관리 기능을 통해 ATM 통신망 전체의 networking을 관리하는 NMS(Network Management System)가 부재한 상태이고 NMS에서 논리적인 ATM VP를 구성, 유지, 관리하는 방법적인 면에 대해서도 자세한 연구가 진행되지 않은 상태이다.

이런 현실에서 신뢰성 있는 network simulator를 이용해 다양한 망관리 정책을 분석, 검증하고 이를 향후 구축될 NMS에 구현하는 방향으로 진행하는 것이 비용적인 측면에서 유리할 것이다. 본 논문에서는 OPNET에서 TMN 체계의

NMS를 구현하여 ATM VP transit networking의 성능을 시험하였다. TMN 체계의 관리 기능을 구현하기 위해서는 manager의 관리 요청을 수락하고 이 요청을 수행하는 agent가 교환기내에 구현되어야 한다. 그러나 현재 OPNET에서는 manager 기능을 담당하는 NMS가 없으며 OPNET이 제공하는 교환기 모델 내에 계층관리를 수행하는 OAM(Operation And Maintenance) 기능과 TMN 체계의 agent 기능이 구현되어 있지 않기 때문에 이를 추가적으로 구현하였다. 이때 OAM 기능은 ITU-T I.610[5]에 근거하여 구현하였으며, TMN 체계의 관리 구조는 ITU-T M.3100의 manager-agent 구조를 따랐다.

TMN은 관리 구조와 관리 분야(FCAPS: Fault, Configuration, Account, Performance, Security management) 등 전체적인 통신망 관리 패러다임을 규정할 뿐 어떤 방법으로 통신망을 관리할 것인가에 대해서는 구체적으로 정의하지 않는다. 이는 통신망 사업자의 통신망 운영 정책에 의해 결정되는 부분으로 본 논문에서는 구성 관리 기능으로 VP 중계망의 연결, 유지, 해제 기능, 성능관리 기능으로 VP 중계 대역폭의 동적 재할당 기능, 장애관리 기능으로 VP 중계 경로 재설정 기능을 구현하였다.

## 2. ATM VP 중계망

통신망에서 종단간 지연과 CAC와 같은 시스템 내의 부가적인 처리를 줄이기 위한 방법으로 ATM VP 개념을 이용하는 것이 장점이 있는 것으로 여러 연구 결과에서 제안되었다[6-9].

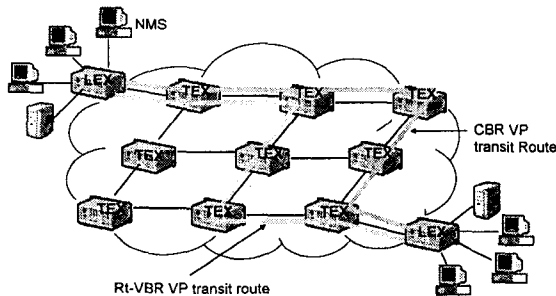
VP 개념을 이용한 서비스에서는 예상된 트래픽 양에 기반해서 대역폭과 기타 망 자원을 사전에 확보하여 VPC를 구성한 후 사용자들의 호 요청이 있을 때 VPC를 통해 연결 서비스를 제공하게 된다. 이 때 사용자의 종단간 연결들은 VPC 단위의 묶음으로 관리되며 사전에 자원이 할당되어 있어 망 내부에서는 부가적인 처리가 줄게 된다. 특히 사전에 구성된 ATM VP 중계망에서는 소스 노드에서만 CAC가 수행되고 일

단 호가 수락되면 중간 노드에서는 signaling 메시지에 대한 처리가 없이 종단 노드까지 SETUP 메시지를 터널링하게 된다.

ATM VP 중계망의 구성, 유지, 관리 기능은 NMS에 구현되며 NMS가 제공하는 관리 기능에는 구성관리, 연결관리, 성능관리, 장애관리 등이 있다. NMS는 서비스마다 개별적인 정책으로 관리하기 위해 QoS 요구 사항에 기반해서 서비스 유형별로 VP 중계 경로를 구성하게 된다. 현재 ATM Forum에서는 CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR 등의 5가지 서비스 유형을 정의하고 있다[10].

CBR(Constant Bit Rate) 연결의 경우 요구된 PCR(Peak Cell Rate)과 종단간 CTD(Cell Transfer Delay), peak-to-peak CDV(Cell Delay Variance)를 만족하는 VP 경로를 선택하게 된다. Rt-VBR(Real Time Variable Bit Rate) 연결에 대해서는 요구된 SCR(Sustainable Cell Rate)와 MBS(Maximum Burst Size), 종단간 CTD, peak-to-peak CDV를 만족하는 VP 경로를 선택한다.

Nrt-VBR(Non-Real Time VBR) 연결의 경우 요구된 SCR, MBS 또는 MCR(Minimum Cell Rate), CLR(Cell Loss Ratio)을 만족하는 경로를 선택하고, ACR(Available Cell Rate) 서비스에 대해서는 MCR을 만족하는 경로를 선택한다. UBR(Unspecified Bit Rate)의 경우 특별한 트래픽/QoS 제약이 없다.



<그림 1> 서비스 유형별 VP 중계 경로

현재 초고속 국가망 계획에서는 효율적인 망 토폴로지를 구성하기 위해서 ATM 교환망을 중계 교환망과 가입자 접속 교환망의 2계위(2 level hierarchy)로 구성할 계획이다[1]. 본 논문에서도 <그림 1>과 같이 ATM 망을 단국 교환기(LEX : Local Exchange)와 중계 교환기(TEX : Transit Exchange)로 구성된 2 계위망으로 가정하였다. 이러한 토폴로지에서는 논리적인 VP 중계망의 구성은 LEX-LEX 또는 TEX-TEX간에 이루어질 수 있다.

논문에서는 OPNET 상에서 이 방안들 중 LEX-LEX 간에 중계망을 구성하여 중간단의 TEX에서 CAC와 같은 부가적인 처리를 줄여 지연을 최소화하는 방안을 택했다. 이 방안은 LEX에는 VP/VC 스위칭 기능이 구현되고, TEX에는 VP 스위칭 기능만 구현되므로 TEX의 구조가 간단해지는 장점을 가진다.

만일 TEX-TEX간에 VP 중계망을 구성할 경우, TEX에도 VP/VC 스위칭 기능이 구현되어야 하기 때문에 TEX의 구조가 복잡해지고 종단간 처리지연이 증가하는 단점이 있다.

본 논문에서는 VP 중계망의 관리 기능의 시뮬레이션에 필요한 ITU-T I.610 OAM 기능과 VP 교환 기능을 OPNET이 제공하는 교환기 모델을 수정하여 구현하고, VP 중계망에 대한 연결관리, 성능관리, 장애관리 기능을 NMS에 구현하여 그 성능을 평가하였다. 이 기능들은 SunSparc 10 (Solaris 2.6)에서 OPNET 6.1로 구현하였다.

### 3. OAM 기능의 구현

#### 3.1 평면관리와 계층관리 간의 상호 동작

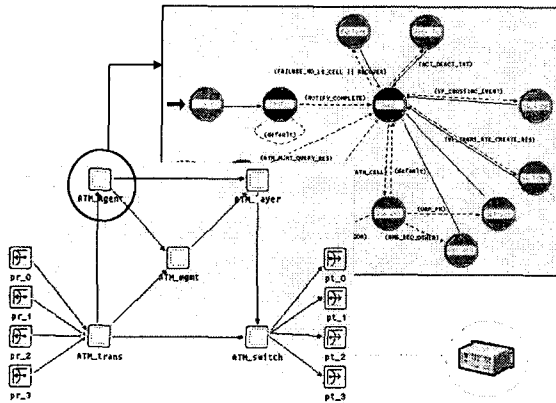
OAM과 TMN 기반의 agent를 구현하기 위해 <그림 2>의 ATM 교환기 노드 모델에 atm\_agent를 추가하였다.

NMS가 보낸 OAM 요청을 처리하기 위해서 ATM 노드는 NMS나 종단 사용자로부터 성능감시(PM : Performance Monitoring)와 연속성

검사(CC : Continuity Check)에 대한 활성화/비활성화 요청을 수신하며 VPC 연결의 두 종단에서 성능 감시와 연속성 검사를 실행하기 위한 초기화 절차를 수행한다[5].

NMS는 OAM 기능 요청 시 TMN 체계에 정의하고 있는 다음의 정보를 반드시 보내야 한다[5].

- 성능 감시 또는 연속성 검사를 원하는 특정 연결 또는 연결 일부분(segment)에 대한 식별자
- OAM 동작의 방향(순방향 또는 역방향)
- 특정 연결에 대한 감시 유형(즉, 순방향 검사만 일어나는가 아니면 순방향 검사와 역방향 보고 기능이 동시에 일어나는가)
- 순방향 성능 감시 요청 시 블록의 크기: N

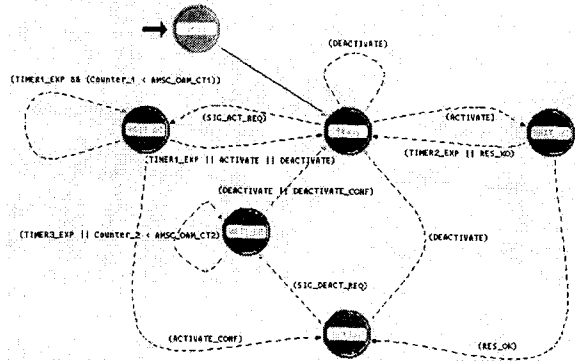


<그림 2> OAM과 agent 기능을 지원하기 위해 수정된 노드 모델

3.2 OAM 성능관리 기능 구현

활성화/비활성화(activate/deactivate) 기능은 TMN 또는 사용자에게 의해서 요청되는 OAM function 중 Forward Performance Monitoring/Backward Reporting(FPM/BR) 기능, Continuity check(CC)기능을 활성화/비활성화시키는 역할을 한다[5]. 이 기능은 새롭게 구현한 `ams_oam_act_deact` 프로세스를 호출하여 수행된다.

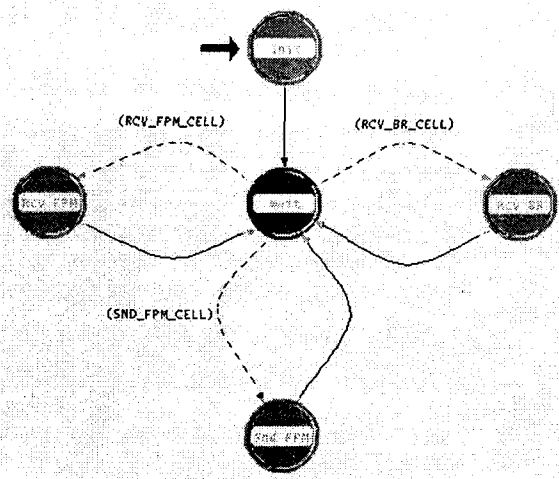
<그림 3>은 구현된 `ams_oam_act_deact` 프로세스 모델을 나타낸다.



<그림 3> `ams_oam_act_deact` 프로세스 모델

OAM에서의 성능관리 기능은 다음의 두 가지 기능으로 구성된다.

- 순방향 성능 감시(FPM : Forward Performance Monitoring) : VPC의 종단에서 블록 크기 N 당 감시 cell 하나를 삽입
- 역방향 보고(BR : Backward Reporting) : 순방향 성능 감시 cell이 이상없이 도착하여 처리되었음을 알리는 역방향 보고 cell을 삽입



<그림 4> `ams_oam_fpm_br` 프로세스 모델

<그림 4>는 FPM과 BR을 수행하는 ams\_atm\_fpm\_br 프로세스 모델을 나타낸다. 이 프로세스는 활성화 비활성화 절차에 의해 호출된다. FPM cell은 N개의 사용자 cell이 전송된 후 삽입된다. 교환 노드는 FPM cell이 도착하기 전까지 자신에게 유입되는 사용자 cell개수를 계산하고 있다가 FPM cell이 도착하면 BR cell에 그 값을 실어 보고한다. 이 기능은 수신 노드의 ams\_atm\_trans 프로세스에 구현하였다.

### 3.3 OAM 장애관리 기능 구현

OAM 장애관리 기능은 AIS(Alarm Indication Signal) / RDI(Remote Defect Indication)의 감지, 연속성 검사, loopback 검사로 구성된다[5]. 이 기능을 구현하는 데에는 두가지 방안이 있을 수 있다. 첫번째는 ATM 교환 노드가 장애를 감지하면 OAM 장애관리 기능에 의해 AIS cell을 생성하여 순방향으로 전송하고 종단노드가 AIS를 수신한 후 역방향으로 RDI를 송신하는 ITU-T I.610 권고안을 따르는 것이며, 두번째는 AIS/RDI 신호를 NMS 노드로 송신하는 것이다. 본 논문에서는 두 가지 기능을 모두 구현하였으나 NMS의 장애관리 기능과 연계하기 위해 후자의 방안을 이용하였다.

노드나 링크에 장애가 발생하게 되면 인접 ATM 교환 노드의 atm\_agent 프로세스는 발생한 장애를 분석하고 그 결과를 NMS에 보고한다. NMS는 AIS 메시지를 수신한 후 VP 중계 경로 재설정 등과 같은 장애 복구 기능을 수행한다.

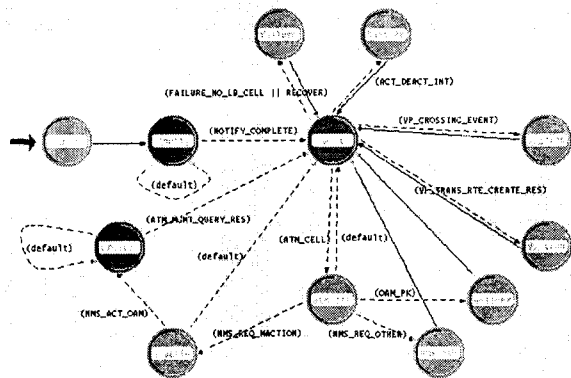
loopback 기능은 분리된 프로세스로 구현하지 않고 ams\_atm\_agent 프로세스에 포함해서 구현했다. NMS가 이 기능을 요청하면 이를 수신한 노드의 ams\_atm\_agent 프로세스는 상대방 노드로 loopback cell을 전달한다.

## 4. TMN 기반의 망 관리 기능 구현

### 4.1 agent 기능 구현

TMN 체계의 통신망 관리 구조는 manager-agent 구조를 갖는다. Manager는 관리 영역에 따라 계층적으로 존재할 수 있으며 교환기와 같은 통신망 장비 내에 구현된 agent에 관리 명령을 전달한다[8]. Agent는 manager의 명령을 분석하여 관리 기능을 대리 수행한다. 본 논문에서는 하나의 manager가 전체 통신망을 관리하는 구조로 간략화하였다. ATM 교환 노드의 agent 기능을 구현한 ams\_atm\_agent 프로세스 모델을 <그림 5>에서 나타내었다. 실제 통신망에서 agent의 기능은 모든 관리 기능을 내포하기 때문에 매우 복잡하지만 본 논문에서는 ATM VP 중계망의 구성 및 관리에 필요한 다음의 기능만을 구현하였다.

- NMS로부터의 관리 요청을 분석하고 분석된 메시지를 적당한 프로세스로 전달
- OAM 기능을 위한 ams\_oam\_act\_deact 프로세스 호출
- VP에 할당된 대역폭이 특정 threshold를 교차하는지를 감시
- 장애 발생 시 AIS/DRI 기능을 이용하여 NMS로 장애 통보

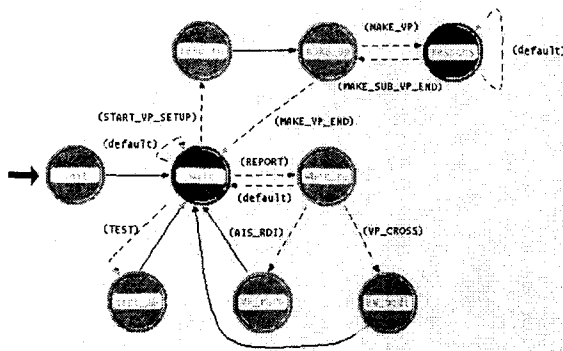


<그림 5> ams\_atm\_agent 프로세스 모델

이 기능들 이외의 다른 agent 기능들은 구현자의 요구에 맞게 `ams_atm_agent` 프로세스 모델에 추가할 수 있다.

#### 4.2 manager 기능 구현

manager 기능은 `ams_atm_manager` 프로세스 모델에 구현하였으며 그 구조는 <그림 6>과 같다. 이 프로세스는 통신망의 토폴로지를 수집하여 라우팅을 수행하는 `state(read_topo)`, VP 중계망 구성 명령을 agent로 전달하는 `state(make_vp)`, 대역폭에 설정한 `threshold`를 교차하는 `alarm`이 발생할 경우 `alarm`을 분석하여 대역폭 재조정 명령을 전달하는 `state(BW_modify)`, 통신망 장애 발생 시 VP 경로 재구성 명령을 전달하는 `state(VP_reroute)` 등으로 구성된다. 각 `state`는 사용자의 요구에 맞는 알고리즘으로 구현될 수 있으며, 추가적인 관리 기능들도 이 프로세스 모델에 추가할 수 있다.



<그림 6> `ams_atm_manager` 프로세스 모델

### 5. TMN 체계의 통신망 관리 기능 시뮬레이션

#### 5.1 연결관리

TMN 체계의 연결관리 기능을 이용해 ATM VP 중계 경로를 생성하고 유지하는 절차는 다음과 같다.

#### ① 각 서비스 유형별 ATM VP 중계 경로 선택

NMS에 구현될 ATM VP 중계 경로에 대한 라우팅 알고리즘은 망 운용자의 정책에 의해 결정된다. 본 논문에서는 QoS를 보장하기 위해 ATM Forum이 제시하는 5가지 서비스 유형별로 중계경로를 선택하는 방안을 구현하였다[13,14]. 각 서비스 유형별로 경로를 선택하는 순서는 다음과 같다: CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR. 이 때 경로 선정에 사용되는 비용함수(cost function)는 노드와 링크에서의 전파 지연  $T_p(l_j)$  과 M/M/1 큐잉 모델을 이용한 큐잉 지연  $T_q(l_j, \lambda)$  를 factor로 선택하였다. 각 식을 유도하면 다음과 같다.

$$T_p(l_j) = \frac{D_j}{2.5 \times 10^5} [\text{sec}] \quad (1)$$

$$T_q(l_j, \lambda) = T_w + s = \left( \frac{A(l_j) + \lambda}{C(l_j) - A(l_j) - \lambda} + 1 \right) \times \frac{u}{C(l_j)} \quad (2)$$

여기서

- $l_j$  : j번째 링크
- $D_j$  : 물리적인 거리 [Km]
- $s$  : Queue내의 서비스 시간[sec]
- $C(l_j)$  : 링크  $l_j$ 의 물리적인 대역폭[bps]
- $A(l_j)$  :  $l_j$ 에 할당된 대역폭[bps]
- $u$  : 단위 패킷 크기(53octet)
- $\lambda$  : 요청된 대역폭[bps]

(식 1,2)의 합은 경로  $P$ 에 대한 종단간 CTD(Cell Transfer Delay)이며 Dijkstra 알고리즘을 통해 이 값이 최소가 되는 경로를 선택한다.

$$CTD(P, \lambda) = \sum_{j=1}^k (T_p(l_j) + T_q(l_j, \lambda)) \quad (3)$$

#### ② NMS와 모든 교환 노드와의 연결 설정

라우팅 알고리즘에 의해 선택된 VP 중계 경로를 구성하기 위해서 NMS는 교환기에 중계 경로 설정 명령을 전달하여 교환기의 switching table

을 변경해야 한다. 이 과정을 수행하기 위해서는 NMS와 모든 교환기 사이에 관리 명령을 송수신할 수 있는 VC 연결이 구성되어 있어야 한다. OPNET에서는 signaling 메시지를 전달하기 위해 모든 링크에 VPI=0인 경로가 기본적으로 구성되기 때문에 이 경로를 통해 연결을 구성한다.

③ VP switching table의 수정 명령 전달

NMS와 교환기간의 연결이 확립된 후 NMS는 선택된 VP 중계 경로 상에 있는 모든 교환기에게 <그림 7>의 연결 설정 패킷을 전달한다. 이 패킷은 ITU-T I.751에서 정의하는 Connect-Information의 구조를 이용해 설계되었다[12]. 이 패킷에는 VP switching에 필요한 input/output port, VPI, 대역폭, threshold, 서비스 유형 등이 지정된다.

connect	in port	in vpi	out port	out vpi
totalBW				(32 bits)
destination				(32 bits)
class_0	peakRate	sustainabl		
class_1	peakRate	sustainabl		
class_2	peakRate	sustainabl		
class_3	peakRate	sustainabl		
class_4	peakRate	sustainabl		
vp_index		16		
high threshold				(32 bits)
low threshold				(32 bits)

<그림 7> VP 중계 경로 설정 요청 패킷

교환기는 요청을 수신한 후 VPI/VCI, 대역폭과 같은 자원을 할당하고 switching table에 input/output에 대한 port/VPI/VCI 값을 기록한다.

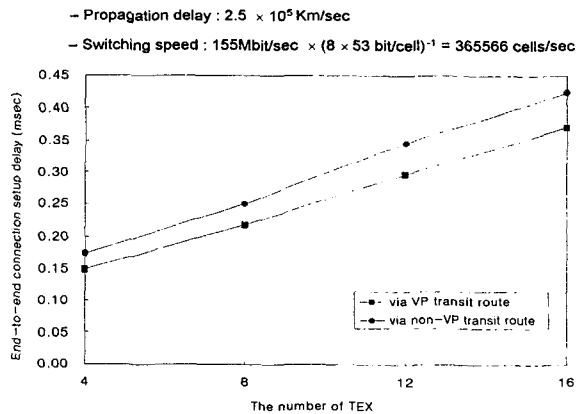
선택된 경로의 모든 교환기들이 이 작업을 마치면 하나의 ATM VP 중계 경로가 구성된다.

④ VP 중계 경로의 선택

하나의 사용자 단말기가 상대편 서버까지 연결을 요청할 때 OPNET이 제공하는 signaling 기능을 이용해 자신과 연결되어 있는 LEX에게 SETUP 메시지를 보낸다. LEX는 목적지 서버가 연결되어 있는 상대편 LEX까지 1 hop의 중계 경로가 구성되어 있으므로 SETUP 메시지에 있는 destination 주소를 이용해 어떤 VP 중계 경로를 통해 SETUP 메시지를 전달할 것인가를 결정한다.

⑤ Signaling 메시지의 터널링

LEX와 LEX간의 VP 중계 경로를 찾은 후 LEX는 이 경로를 통해 연결 설정 요청을 보낸다. 이 때 TEX에서는 VP 레벨의 교환만 일어나고 signaling 메시지에 대한 추가적인 처리는 없다. 목적지 서버가 SETUP 메시지를 수신하고 연결을 수락하면 이에 대한 응답을 보냄으로써 양 종단간에 트래픽을 전송하게 된다. TEX의 개수를 달리하면서 VP 중계 경로를 사전에 구성했을 때와 구성하지 않았을 때의 종단간 연결 설정 지연을 비교하면 <그림 8>과 같다.



<그림 8> 종단간 연결 설정 지연 비교

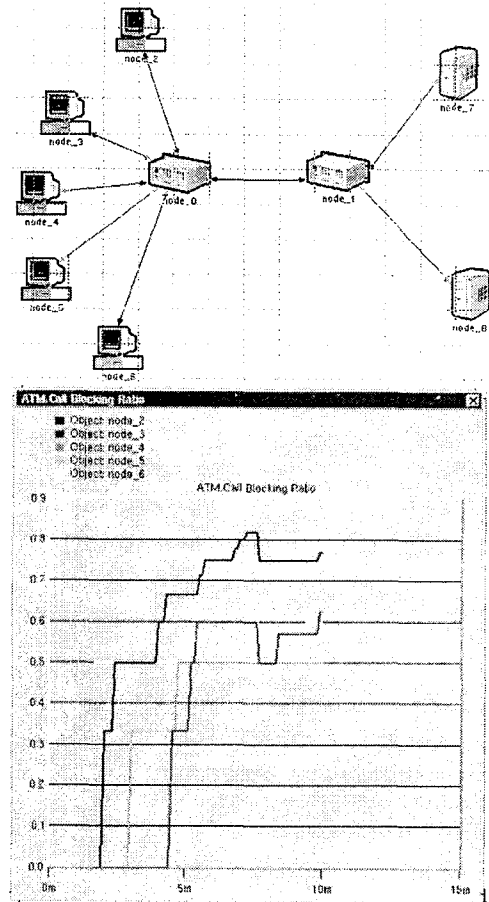
## 5.2 성능관리

TMN 체계의 성능관리 기능은 통신망의 성능 파라미터를 감시하여 이러한 성능 저하를 미연에 방지하는 것을 목표로 한다. 성능관리 기능에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 성능 데이터의 수집 및 보고
  - 일반 성능 데이터 : cell error ratio, cell loss ratio, cell mis-insertion rate 등
  - 트래픽 관련 성능 데이터 : 링크와 노드의 입출력 cell rate, 링크 사용률, 버퍼 점유율 등
- 성능 분석
  - 성능 레벨 판단 : 수집된 성능 데이터를 기반으로 성능 분석 알고리즘 수행
- 성능 제어
  - 성능 데이터 제어 : 성능 데이터의 수집, 보고, 저장 기능 제어, threshold 제어 등
  - 성능 저하 방지 : automatic (or manual) 혼잡 제어, 대역폭 재조정 등

현재 VP 대역폭을 동적으로 재조정하는 기능을 통해 자원을 효율적으로 공유하고 call blocking ratio를 줄여 망의 성능을 향상시키는 방안이 많은 연구에서 제안되었다[7-9]. 본 논문에서는 ITU-T I.610 OAM 기능을 이용한 성능 데이터 감시 기능과 연결관리에 의해 구성된 VP 중계경로의 대역폭 재조정 기능을 구현하여 ATM 통신망의 성능을 분석하였다.

NMS에 의해 구성된 VP 중계망은 동시에 여러 단말기가 traffic을 발생할 경우 call blocking ratio가 증가하게 된다. <그림 9>는 할당된 VP 대역폭 보다 많은 트래픽을 발생할 경우 call blocking ratio가 증가하는 것을 시험망을 구성하여 시뮬레이션한 결과이다.

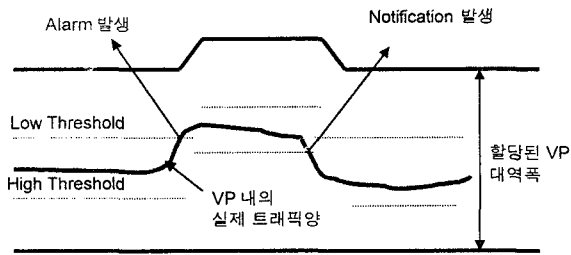


<그림 9> call blocking ratio

이 결과에서 알 수 있듯이 할당된 VP 대역폭 보다 많은 대역폭이 요구될 경우 통신망의 성능이 급격히 저하됨을 알 수 있다. 이 경우 VP 중계망의 대역폭을 동적으로 재할당하는 기능을 NMS에 구현함으로써 call blocking ratio를 줄일 수 있다. 대역폭 재조정 기능을 구현하기 위해서 NMS는 VP 중계망 구성 명령을 보낼 때 VP 대역폭과 service category, 대역폭의 threshold 값 등을 설정해서 LEX와 TEX로 보낸다. 구성된 VP 중계 경로는 NMS에 의해 주기적으로 감시되며, VP 중계 경로로 제공되는 VC 연결들이 설정한 threshold를 넘게될 때 threshold crossing



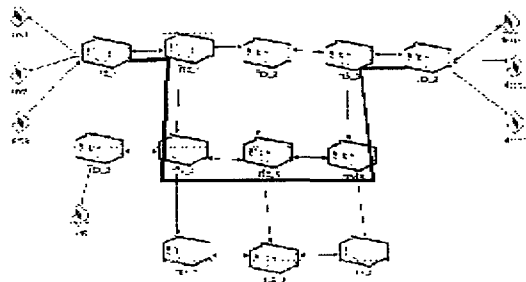
이 일어난 것을 NMS로 통보한다.



<그림 10> VP 대역폭 재조정을 위한 threshold 지정

<그림10>에서처럼 Threshold 값은 high threshold와 low threshold를 두어 대역폭이 high threshold를 넘을 경우는 대역폭을 증가시켜 call blocking ratio를 줄이고, low threshold를 넘을 경우 할당된 대역폭의 이용률이 낮다는 것을 의미하기 때문에 대역폭을 줄여 다른 VPC 들이 여분의 대역폭을 사용할 수 있도록 한다.

<그림 11>은 구현된 대역폭 재조정 기능을 시험하기 위해 구성한 시험망이다.



<그림 11> 대역폭 재조정 기능시험을 위한 시험망

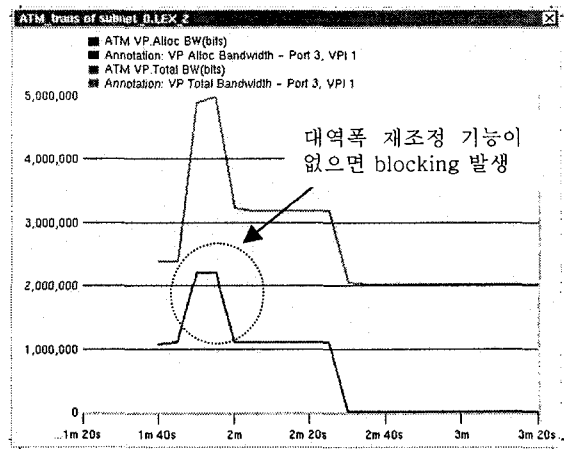
시험망에서 시뮬레이션 시간은 200sec, VP 중계 경로의 대역폭은 초기에 2Mbps를 NMS에서 할당하였고, threshold crossing이 일어나는지를 판별하기 위해 각 교환기가 트래픽을 monitoring하는 주기는 0.1sec로 하였다. 또한 각 source의 traffic parameter는 <표 1>과 같이 설정하였다.

<표 1> 시뮬레이션에 사용된 traffic parameter

Arrival parameters	Src1	Src2	Src3
Service category	CBR	CBR	CBR
PCR(Mbps)	1.2	0.6	0.5
Arrival rate(Mbps)	0.1	0.2	0.2
Interarrival distribution	constant	constant	constant
Packet size(bytes)	125	125	125
Call start time(sec)	100	110	120
Call duration(sec)	1000	1000	1000
Transmission size(Mbytes)	1	1	1

<그림 12>는 대역폭 재조정 결과를 나타낸다. ATM VP.Total BW는 현재 설치되어 있는 VP의 대역폭을 나타내며, ATM VP.Alloc BW는 현재 VP내에서 할당된 VC traffic의 합을 나타낸다.

<그림 12>에서 VP 중계 경로에 할당되어 있는 대역폭은 2Mbps이다. 먼저 src1이 traffic contract에 의해 1.2M의 대역폭을 할당받고, src2가 0.6M의 대역폭을 할당받아 할당된 대역폭의 합이 1.8M가 된다. 이는 할당된 대역폭의 80%에 해당하므로 threshold crossing이 발생하며 이를 NMS에 통보한다. NMS는 이 통보를 분석하여 <그림 10>의 BW\_modify 상태로 천이하여 조정할 대역폭을 계산한다. BW\_modify 상태에서 다



<그림 12> 대역폭 재조정 시험 결과

양한 대역폭 재할당 알고리즘을 구현할 수 있으나 본 논문에서는 구현된 기능에 대한 간단한 시험을 위해 현재 할당되어 있는 대역폭의 50%를 더 증가시키는 것으로 하였다. <그림 12>의 결과에서 초기에 할당된 대역폭(ATM.VP\_Total)이 재조정되어 증가함을 할 수 있다. 시간이 지나 실제 트래픽이 차지하는 대역폭(ATM.VP\_Alloc)이 줄 경우 할당된 대역폭도 역시 줄어 재조정됨을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과를 통해 OAM performance monitoring 기능, threshold crossing 발생 시 NMS로의 통보 기능, NMS에서 대역폭 재조정 명령 등이 이상없이 구현되었음을 알 수 있다.

대역폭 재조정 기능이 없는 경우 call blocking이 발생하겠지만 결과에서처럼 할당된 VP의 값이 변경되어 재조정된 VPC를 통해 이상 없이 트래픽을 전송할 수 있게 된다. 트래픽 monitoring 주기와 대역폭 재조정 비율은 사용자가 임의로 정의할 수 있도록 구현되어 있기 때문에 각각을 조정해 가면서 성능관리 기능에 대한 성능 시험이 가능하다.

### 5.3 장애관리

통신망에서의 장애는 서비스의 이용자뿐만 아니라 망 사업자에게도 치명적인 결과를 초래한다. 통신망의 장애 상황에서도 안정적으로 서비스를 제공하기 위해서 APS(Automatic Protection Switching)와 같은 장애관리 기능들이 구현되었다. ATM 통신망의 경우 장애 감지를 위해 OAM cell의 AIS/RDI 기능을 사용할 수 있기 때문에 OAM과 TMN의 장애관리 기능을 연계하여 장애 상황을 극복할 수 있다.

TMN 체계의 장애관리 기능에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 비 정상 상태의 감시(Alarm surveillance)
  - 장애 신호 감시 : Framing bit error, LOS, LOP, LOF, AIS/RDI
  - 장애 발생 통보 : alarm filtering, alarm correlation, alarm forwarding
- 장애 발생 위치 파악

- alarm 분석
- loopback test
- 장애 수정
  - restoration/rerouting
- 시험과 진단
  - loopback, continuity check

본 논문에서는 TMN 체계의 장애관리 기능 중 경로 재설정 기능을 구현하여 성능을 분석하였다.

일반적으로 통신망의 생존성을 보장하기 위해 대체 경로를 구성하는 방법이 주로 사용된다. ATM 통신망에서 VP 망을 설계할 때 active VP 경로와 함께 backup VP 경로를 미리 지정하는 방안을 사용할 수 있다. backup VP를 미리 할당할 때 대역폭을 미리 할당하는 방법은 자원의 낭비를 초래할 수 있으므로 대역폭 0의 backup 경로를 구성해 두고 필요 시 대역폭을 할당함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있다[15].

장애가 발생할 경우 NMS는 backup VP에 대역폭을 필요한 만큼 할당하여 트래픽을 이관시키게 된다. 만일 backup VP를 통해 경로를 재설정할 수 없는 경우 동적으로 VP를 할당하여 경로를 설정할 수 있다. 경로 재설정 알고리즘을 통해 계산된 경로는 NMS의 명령에 의해 각 교환 노드에서 VP 재설정 기능이 수행된다. Backup VP 경로는 active VP 경로와 중복된 링크가 없도록(link disjoint) 구성한다.

OPNET에서 Rerouting기능을 구현하기 위해 NMS가 가져야 하는 정보는 교환기의 Port, VP, VC 정보와 active VPC와 backup VPC에 대한 정보 등이 있다. 장애가 발생한 노드/링크의 ID를 NMS가 알게 되면 이 노드/링크를 통과하는 VPC를 list 정보로부터 알아내고 VPC의 식별자를 통해서 장애가 발생한 VPC에 대응되는 backup VPC를 알아내게 된다. 이 때 장애가 발생한 VPC의 식별자를 통해 이 VPC 경로 상에 있는 교환기의 ID, Input/Output Port ID, Input/Output VPI를 알 수 있게 되어 이 정보를 이용해 switching table을 변경하게 된다.

NMS는 list 정보로부터 backup VPC가 통과하는 교환기의 ID, Port, VP값을 알고 있으므로 먼저 대역폭을 장애가 발생된 대역폭의 크기만큼 할당하는 절차를 수행한다. 이상없이 대역폭을 할당하게 되면 switching table을 재구성시키는 명령을 edge 교환기에게 전달한다. NMS는 장애가 발생된 VPC가 통과하는 교환기들의 Port /VP/VC 정보를 알고 있으므로 이 정보를 통해 각 교환기의 switching table의 VPI 값만 바꾸게 된다. 이상없이 switching table을 구성했으면 NMS로 notification을 보낸다.

장애가 발생될 경우 NMS는 대역폭이 0 인 backup VP의 대역폭을 장애가 발생한 active VP의 크기만큼 재할당하게 된다. 이때는 5.2절에서 설명한 대역폭 재조정 기능을 이용하게 된다.

## 6. 결론

지금까지 많은 연구 결과에서 ATM 망에 대한 효율적인 설계와 관리 방안들이 대두되었다. 이를 검증하기 위해 실제 ATM 망을 구성하기에는 어려움이 있으므로 통신망 시뮬레이터 이용한 분석 방법을 이용할 수 있다. 그러나 대부분의 통신망 시뮬레이터는 기본적인 기능들만을 제공하기 때문에 이것만으로 ATM 통신망의 성능을 분석하는 것은 불가능하다.

본 논문에서는 TMN 체계의 통신망 관리 기능을 OPNET 상에서 구현하여 ATM/ B-ISDN의 관리 기능을 시험하였다. 특히 ATM VP 중계망의 구성 기능과 대역폭 재조정 기능, 장애 발생 시 우회 경로 구성 기능을 구현하여 ATM/B-ISDN 망의 성능을 분석할 수 있는 틀을 마련하였으며 구현된 기능을 이용해 ATM/B-ISDN에 대한 다양한 통신망 관리 정책을 OPNET에서 시험하고 그 성능을 비교 분석할 수 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 HAN/B-ISDN 연구개발사업 중 통신망기술분야 통신망 Testbed 연구의 위탁과제로 수행되었다. 본 연구를 수행하는 동안 많은 도움을 주신 한국통신 통신망연구소 김재열 팀장님(현 웨어플러스 사장), 이봉영 팀장님께 감사드립니다.

## 참고 문헌

- [1] 초고속 정보통신망 2단계 사업 추진계획, 정보통신부, 1998, 5.
- [2] ITU-T Rec. M.3010, Principles for a Telecommunications Management Network, Oct., 1992.
- [3] TINA-C, Overall concepts and Principles of TINA, Feb., 1995.
- [4] 김수형, 초고속 정보통신망 요소기술 및 개발 현황, 한국통신학지, pp. 84-96, 1997, 5.
- [5] ITU-T Rec. I.610 draft, B-ISDN Operation and Maintenance principles and functions, July, 1997.
- [7] Ying Da Lin, Wen Jong Su, Chi Chun Lo, Virtual Path Management in ATM Networks, ICC 96, pp. 642-646.
- [8] Ariel Orda, et al, An adaptive virtual path allocation policy for broadband networks, IEEE Infocom'96, March, 1996.
- [9] Hongbi Ji, An economic model for bandwidth allocation in broadband communication networks, ICC 96, pp. 658-662. 1996.
- [10] Satoru Ohta, Ken-ichi Sato, Dynamic Bandwidth control of the Virtual Path in an Asynchronous Transfer Mode Network, IEEE Transactions on Communications, Vol. 40, No. 7, July 1992.
- [11] ATM Forum, Traffic Management Version 4.1. 1998.

- [12] John Anderson, Patrice Lamy, Operations standards for global ATM networks: Network Element View, IEEE Communication Mag. Dec. 1996.
- [13] ITU-T Rec. I.751, Asynchronous Transfer Mode Management of the Network Element View, March, 1996.
- [14] YoungTak Kim, et al, "A Parallel and Distributed Routing Algorithm with a Hierarchical Connection Management Architecture for ATM/B-ISDN", GlobeCom '98, Nov., 1998.
- [15] Young-Tak Kim, "Connection Management in ATM/B-ISDN based on Service Category", APNOMS'98, Sep., 1998.
- [16] E.W.M Wong, Andy K.M. Chan, Sammy C.H. Chan, K.T. Ko, Bandwidth allocation and routing in Virtual Path based networks, ICC 96, pp. 647-652.
- [17] Soo-Yong Koo, Chul Kim, Sang-Heon Shin, Eun-Hyuk Lim, Young-Tak Kim, Bong-Young Lee, "Simulation of ATM VP Transit networking based on OPNET", OPNETWORK99, 1999. 8.

● 저자소개 ●



구수용

1996년 2월 영남대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사).

1998년 2월 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사).

현재 영남대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정.

관심분야 : ATM/B-ISDN 기반의 초고속 정보통신망, TMN/TINA 체계의 통신망 운용관리, 차세대 인터넷(NGI).



김영탁

1984년 2월 영남대학교 공과대학 전자공학과 졸업 (공학사).

1986년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 졸업 (공학석사).

1990년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 졸업 (공학박사).

1990년 3월~1994년 8월 한국통신 통신망연구소 전송망 구조연구실장.

1994년 9월~1998년 9월 영남대학교 공과대학 정보통신공학과 조교수.

1998년 9월~현재 영남대학교 공과대학 정보통신공학과 부교수.

관심분야 : ATM/B-ISDN 기반의 초고속 정보통신망,

GII (Global Information Infrastructure),

차세대 인터넷 (NGI), TMN/TINA 체계의 통신망 운용관리.