

# ATM 망에서 셀 레벨 및 프레임 레벨 성능 시험 프레임워크에 대한 연구

안 성 수<sup>†</sup> · 최 영 복<sup>††</sup> · 이 준 원<sup>†††</sup> · 김 성 운<sup>††††</sup>

## 요 약

ATM 망의 성능시험은 다양한 성능 인자를 측정하고 이를 분석함으로써 수행가능한 망의 최대 수율, 즉 망의 성능을 평가함으로써 수행된다. 그러나, 지금까지 ATM 망에 대한 성능시험 방법 및 체계의 부재로 같은 시험 대상물에 대해서도 시험수행자에 따라 성능 측정의 결과가 크게 좌우되었다. 본 논문에서는 ATM 망을 대상으로 수행되는 성능 시험의 개념을 셀 레벨 및 프레임 레벨로 나누어 설명하며, 각각에 대해 성능 파라미터 및 성능 측정 방법론을 정의하고 성능 측정을 위한 시험 환경과 성능 평가시의 고려 사항을 기술함으로써 ATM 성능 시험의 전반적인 프레임워크를 제안한다.

## A Study on Framework for Cell-level and Frame-level Performance Testing in ATM Network

Sung-Soo Ahn<sup>†</sup> · Young-Bok Choi<sup>††</sup> · Joon-Won Lee<sup>†††</sup> · Sung-Un Kim<sup>††††</sup>

## ABSTRACT

Performance testing for ATM network deals with evaluation of maximal throughput of network by measuring and analyzing of various performance parameters. However, because of the absence of the methodology and framework for performance testing, the results of performance measurements for same implementation under test were much relied on tester. In this paper, the concept of ATM performance testing is described in both cell and frame level and a framework of ATM performance testing is suggested by describing of testing environment for performance measurement and requirements of performance evaluation. For this, we define performance measuring method and parameters for each case.

### 1. 서 론

컴퓨팅 및 네트워킹 기술의 발전으로 사용자는 음성, 화상, 데이터 등 다양한 미디어가 복합된 멀티미디어

서비스를 요구하게 되었다. 이에 대한 해결책으로 멀티미디어 서비스 통합의 핵심적 기술로 평가받는 ATM 기술이 각광을 받게 되었다. 이에 따라 사용자에게 일정 수준의 신뢰성을 보장하기 위해 ITU-T, ATM 포럼 등 여러 표준화 기구들은 ATM 프로토콜에 대한 시험을 적합성 시험, 상호운용성 시험, 성능 시험 등으로 구분하고 있으며, 지금까지 적합성 시험 및 상호운용성 시험에 주력하여 왔다. 그러나 최근에는 QoS 및 망 성능 파라미터를 측정함으로써 수행되

\* 본 연구는 정보통신연구진흥원의 대학기초연구지원사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음

† 준 회 원 : 부경대학교 정보통신공학과

†† 정 회 원 : 동명정보대학교 정보통신공학과

††† 정 회 원 : 안동대학교 정보통신공학과

†††† 성 회 원 : 부경대학교 정보통신공학과

논문접수 : 1998년 10월 19일, 심사완료 : 1999년 5월 3일

는 성능시험에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다. 이러한 표준화 기구들은 ATM 성능 시험의 효율성을 위해, 유사한 특성을 지닌 응용 서비스들을 분류해서 정의해 놓고 있는데, 대표적으로 ATM 포럼의 TM 4.0[1]에서는 이를 5가지 서비스 카테고리로 규정하고 있다. 즉, 음성이나 비디오 등 실시간 서비스에 이용되는 CBR(Constant Bit Rate) 및 rt-VBR(real time-Variable Bit Rate), 비실시간 서비스에 응용되는 nrt-VBR(non real time-Variable Bit Rate), UBR(Unspecified Bit Rate), ABR(Available Bit Rate)로 분류하고, 각각 망에 대한 QoS 요구사항을 정의한다.

ATM 망의 성능 시험은 망의 관점에서 셀 레벨의 QoS를 이용하는 방법과 사용자 관점에서 프레임 레벨의 매트릭을 이용하는 방법이 있으며, 현재 이에 대한 표준화가 진행중이다. 먼저, 셀 레벨의 성능 시험은 OAM(Operation and Maintenance) 셀 또는 시험 셀을 이용하여 ATM 계층의 QoS 파라미터를 측정함으로써 수행되는데, 이는 다시 시험을 위한 특정 경로의 사용 여부에 따라 in-service 및 out-of-service 방법으로 나누어 수행될 수 있다[2][3]. 반면, 프레임 레벨의 성능 시험은 ATM 계층 이상, 즉 AAL 및 응용 레벨에서 수행되는데, 성능 측정의 결과가 사용자에게 더 잘 인식되어 질 수 있도록 프레임 레벨의 매트릭을 측정함으로써 수행된다[4]. <표 1>은 셀 레벨 및 프레임 레벨 성능 시험의 개념 및 차이점을 나타낸다.

<표 1> 셀 레벨 및 프레임 레벨 성능 시험

구 분	셀 레벨	프레임 레벨
관 점	망 제공자	서비스 제공자, 사용자
시험계층	ATM 계층	AAL 계층 이상
품질요소	사용자가 직접 인식할 수 없는 성능	사용자가 직접 인식할 수 있는 성능
성 능 파라미터	CER, CLR, MCTD, CDV, SECBR, CMR	Throughput, Frame Latency, 호실정 Latency, Fairness, FLR, MFBS, AG
서 비 스 카테고리	실시간 서비스 시험시 중요(특히, CBR)	데이터 서비스 시험시 중요 (ABR, UBR)

그러나, 성능 시험과 관련해서 국제 표준화 기구에서는 성능 파라미터의 정의 및 기본적인 시험 방법에 대한 추상적인 개념만을 규정해 놓았으며, 실제적으로 적용가능한 구체적인 내용은 성능 시험 수행자에 맡기고 있는 실정이다.

한편, 현재 ATM 망을 대상으로 수행되는 성능 시험의 개념을 셀 레벨 및 프레임 레벨로 나누어 설명하며, 각각에 대해 성능 파라미터 및 성능 측정 방법론을 정의하고 성능 측정을 위한 시험 환경과 성능 평가시의 고려 사항을 기술함으로써 ATM 성능 시험의 전반적인 프레임워크를 제안한다. 이를 위해, 본 논문의 2장에서는 셀 레벨 성능시험에 대한 ATM 계층 QoS 파라미터 및 성능 측정 방법론을 정의하고, 성능 측정을 위한 시험 환경 및 성능 측정 예를 살펴봄으로써 전반적인 셀 레벨 성능시험의 프레임워크를 제안한다. 이를 바탕으로 3장에서는 응용 또는 사용자 관점에서 성능 측정이 수행되는 프레임 레벨의 성능시험을 위해, 프레임 레벨 성능의 개념을 설명하고, 프레임 레벨 성능 파라미터 및 측정 방법론에 대해 기술한다. 끝으로, 4장에서 결론 및 향후 연구 사항에 대해 기술한다.

## 2. 셀 레벨 성능 시험

### 2.1 ATM 계층 성능 파라미터

ATM 계층의 성능은 ATM 계층 연결의 성능을 결정하는 파라미터의 집합에 의해 측정되며, 그 정의는 다음과 같다[1].

#### 2.1.1 Cell Error Ratio

CER은 특정시간 내에 전송된 셀의 수에 대한 오류가 발생한 수의 비율로 정의된다.

$$CER = \frac{\text{Errored Cells}}{\text{Successfully Transferred Cells} + \text{Errored Cells}}$$

#### 2.1.2 Cell Loss Ratio

CLR은 전체 전송된 셀 수에 대한 손실이 발생한 수의 비율로 정의되는데, 이는 CLP(Cell Loss Priority)가 0인 셀에 대해서만 적용하거나 0 또는 1인 모든 셀을 대상으로 적용할 수도 있다.

$$CLR = \frac{\text{Lost Cells}}{\text{Total Transmitted Cells}}$$

#### 2.1.3 Maximum Cell Transfer Delay

MCTD는 셀의 전송에 필요한 최대의 시간이다. 그러나 실제로는 Max CTD가 경과한 이후에 전송이 되는 셀이 있을 수도 있으며, CLR에 따라 버려지게 될 셀의 비율이 결정되므로 CLR을 고려하여 MCTD가 결

정된다.

2.1.4 Peak-to-Peak Cell Delay Variation

CDV는 하나의 측정 지점에서 셀이 도착하는 패턴의 변화성으로 정의되는데, Peak-to-Peak CDV는 MCTD에서 일정한 지연시간(fixed CTD)을 뺀 값, 즉 셀이 전송되는데 필요한 최대시간과 최소시간의 차이를 나타낸다.

2.1.5 Severely Errored Cell Block Ratio

셀 블록은 "주어진 연결에서 특정 수의 셀의 연속"으로 정의되며, 일반적으로 셀 블록내 셀의 수는 OAM 셀간의 사용자 정보 셀의 수이다. 심하게 에러난 셀 블록은 오류가 발생하거나 분실되거나 잘못 삽입된 셀의 수가 특정의 수 이상인 셀 블록으로써 CER, CLR, CMR 계산시 이 블록에 포함된 셀들은 제외한다.

$$SECBR = \frac{\text{Severely Errored Cell Blocks}}{\text{Total Transmitted Cell Blocks}}$$

2.1.6 Cell Misinsertion Rate

CMR은 주로 셀 헤더에서의 발견되지 않은 오류로 인해 다른 연결로 셀이 전송되는 경우로 단위시간에 대한 비로 정의된다.

위의 QoS 파라미터중 CLR, CDV 그리고 MCTD는 사용자와 망간에 연결을 설정할 때 서로 협상을 하여 그 값을 결정한다. 그러나 다른 3개의 파라미터들은 협상이 불가능하다.

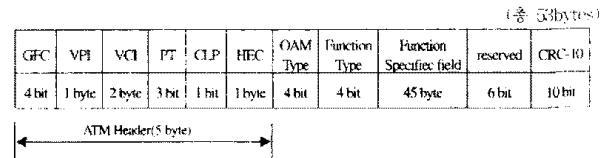
2.2 성능 측정 방법

ATM 계층의 성능 측정 방법으로는 시험을 목적으로한 특정 경로의 유무 및 특정 셀의 사용 여부에 따라 4가지 가능한 조합 중 하나로 수행될 수 있으나, 일반적으로 다음과 같은 2가지 방법이 사용된다.

2.2.1 OAM 셀을 이용한 In-service 시험

이 방법은 사용자 셀 스트림과 동일한 경로를 통하여 전달되는 성능 OAM 흐름을 관찰함으로써 수행된다. B-ISDN 망의 관리 평면에서는 셀 스트림에 대한 정보를 수집하기 위해 F1에서 F5까지 5가지 종류의 OAM 정보 흐름을 유지하는데, 이중 2개가 ATM 계층과 관련된다. 먼저, F4 OAM 셀은 VP 레벨에서의 관리를 위해 사용되는데, 부분적인 관리를 위해 VCI=3

을, 종단간 관리를 위해 VCI=4를 이용해 식별한다. 또한, F5 OAM 셀은 VC 레벨의 관리를 위해 사용되며 PTI=4를 부분적인 관리에, PTI=5를 종단간 관리를 위해 사용한다.



GFC : Generic Flow Control      PT : Payload Type  
 VPI : Virtual Path Identifier      CLP : Cell Loss Priority  
 VCI : Virtual Channel Identifier      CRC : Cyclic Redundancy Check  
 HEC : Header Error Control

(그림 1) OAM 셀의 구조

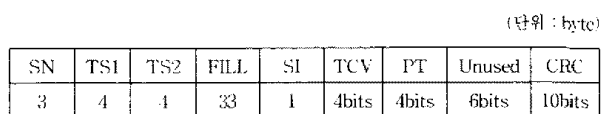
OAM 셀은 사용자 데이터 스트림의 매 128, 256, 512, 1024 셀 마다 주기적으로 삽입되고, (그림 1)에서 도시된 것처럼 사용자 셀 스트림의 측정을 위한 필드를 이용하여 셀 오류, 셀 손실 및 셀 오삽입 등을 측정한다. 이러한 OAM 셀을 이용한 in-service 시험은 보충적으로 행해지며, 보다 정확한 측정을 위해서 시험 셀을 이용한 out-of-service 시험이 주로 행해진다.

2.2.2 시험 셀을 이용한 Out-of-service 시험

이 방법은 시험을 위해 설정된 VP 및 VC를 통해 특정 내용을 가진 셀 스트림 즉, 시험 셀을 전송하고 수신측에서 그 내용과 시간을 분석함으로써 수행된다.

가. 시험 셀의 구조

ATM 시험 셀은 ATM 성능 파라미터를 측정하기 위해 설계되었으며, 현재 ATM 포럼에서는 이를 효율적으로 사용하기 위해 시험 셀 필드의 수정 및 사용 방법을 연구하고 있다. 지금까지 ATM 포럼에서 발표된 시험 셀의 길이는 48byte로 구조는 (그림 2)와 같고, 여기에 ATM 헤더가 덧붙여져 시험된다.



(그림 2) 시험 셀의 구조

- SN(Sequence Number) : 이 필드는 시험 셀이 전송될 때마다 값을 1씩 증가하므로 셀 손실 및 오삽입

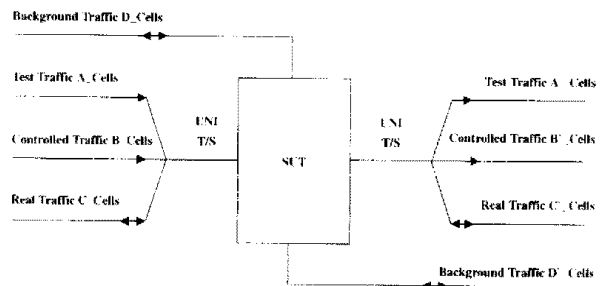
을 인식하며, 또한 순서가 잘못된 셀의 도착을 발견하는 데에 이용된다.

- **TS1(Time Stamp 1)** : 이 필드의 값은 그 셀을 전송하기 바로 전, 즉 CRC가 계산되기 전의 시간이 적용되며 셀 전송 지연 및 셀 지연 편차 등의 QoS 인자를 측정하는 데에 사용될 수 있다.
- **TS2(Time Stamp 2)** : 이 필드의 구조는 time stamp 1과 같으며 시험 셀의 수신측에서는 그 셀을 되돌려보내기 직전의 시간을 이 필드에 적용한다. 이 필드의 사용은 선택적인데, 사용 여부는 PT 필드를 이용하여 표시하며 지원되지 않는 경우에 "0"을 채운다.
- **FILL** : 이 필드는 현재는 사용하지 않으나 새로운 측정 요구사항이 발생할 경우 사용할 수 있다. 이 필드는 시험 셀에 혼화 적용 여부에 따라 그 값이 달라지는데, 적용하는 경우에는 "0"으로 채우고 그렇지 않은 경우에는 16진수(hexadecimal) "6A"로 채운다.
- **SI(Scrambling Indicator)** : 이 필드는 혼화 적용 여부를 표시하는데 사용하며, 사용하는 경우에 "0"으로 채운 후 혼화를 적용하고, 그렇지 않은 경우에는 16진수 "6A"로 채운다.
- **TCV(Test Cell Version)** : 이 필드는 사용되는 시험 셀의 버전을 나타내며, 현재의 시험 셀에 대해서는 "0"의 값을 가진다.
- **PT(Payload Type)** : 이 필드는 4 비트중 3개의 최하위 비트(least significant bit)만을 사용한다. 즉, 비트 "0"은 Time Stamp2 필드의 사용여부를 표시하며 사용하는 경우에 "1"의 값을 가진다. 그리고, 비트 "1"은 CRC 필드의 사용여부를 표시하며 사용하는 경우에 "0"의 값을 가진다. 또한, 비트 "2"는 시험 셀의 송신측에서 수신자에게 되돌려보낼 시험 셀의 Time Stamp2 필드 사용을 요청할 때 사용하며 요청하는 경우에 "1"로 표시한다. 수신측에서는 이 비트가 "1"인 시험 셀을 받으면, 이 비트를 "0"으로 하고 Time Stamp2를 적용한 후 CRC를 재계산하여 되돌려 보낸다.
- **Unused** : 이 필드는 사용하지 않으며 "0"으로 채운다.
- **CRC-10** : 이 필드는 셀의 오류를 감시하고 다른 필드를 보호하는 데에 사용된다.

나. QoS 측정 구성

ATM의 성능시험은 두가지 영역으로 나눌 수 있다. 첫째는 정상적인 트래픽 부하에서의 QoS와 망성능 인

자를 측정하는 것이며, 둘째는 과부하 상태에 대한 망이 능력을 시험하는 것이다. 일반적으로 성능시험을 위해서는 두 가지의 시험 장비가 필요하다. 즉, 시험대상 제품에 대해 부하를 걸기 위해 트래픽을 생성하는 발생기와 여러 가지 성능인자를 직접 측정하는 분석기가 필요한데, 이를 바탕으로한 QoS 측정 구성 (그림 3)에 나타내었다.



(그림 3) QoS 측정 구성

(그림 3)에서 보는 바와 같이 QoS 측정 구성에서의 트래픽은 시험을 위한 트래픽뿐만 아니라 일반적인 사용자들의 트래픽도 포함되는데, 각각에 대한 정의는 다음과 같다.

- **Test Traffic** : 시험을 목적으로 한 VP또는 VC에 대해 시험장비가 생성(A\_Cells) 및 전달(A'\_Cells)되는 단방향의 트래픽
- **Controlled Traffic** : 시험장비에 의해서 생성(B\_Cells) 및 전달(B'\_Cells)되기는 하나 시험을 목적으로 하지 않는 VP 또는 VC로 전송되는 단방향 트래픽
- **Real Traffic** : 시험에 사용되는 UNI에 연결된 실제 가입자에 의해 생성(C\_Cells) 및 전달(C'\_Cells)되는 양방향 트래픽
- **Background Traffic** : 시험 셀 입력 또는 출력에 연결되지 않은 실제 가입자에 의해 생성(D\_Cells) 및 전달(D'\_Cell)되는 양방향 트래픽

다. 성능 측정 예

위와 같은 측정 구성 및 트래픽 형태를 고려하여, 신술한 QoS 파라미터들 중 CLR과 CMR에 대한 측정 방법을 예로써 살펴본다.

• CLR의 측정

CLR 파라미터는 발생기 측에서 생성된 셀 수에 대해 분석기 측에 전달되지 않고 상실된 셀 수의 비율이다. 그러므로 이 파라미터는 A\_Cells과 A'\_Cells의 수를 비교하여 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$CLR = \frac{A - A'}{A} \quad \begin{array}{l} A : \text{생성된 A\_Cell의 수} \\ A' : \text{전달된 A\_Cell의 수} \end{array}$$

• CMR의 측정

CMR 파라미터는 발생기 측에서 생성되지 않은 셀이 잘못 삽입되어 분석기 측에 전달되는 셀 수의 시간에 대한 비이다. CMR 파라미터는 발생기 측에서 A\_Cells이 포함되지 않은 B\_Cells 밖으로 이루어진 트래픽을 생성시키고 분석기 측에서 측정되는 A'\_Cells의 수를 계산함으로써 측정할 수 있다.

$$CMR = \frac{A'}{T} \quad \begin{array}{l} A' : \text{생성된 A\_Cell의 수} \\ T : \text{측정 공간수} \end{array}$$

2.3 CBR service에 대한 셀 레벨 성능시험 방법

본 절에서는 ATM 서비스 카테고리중 CBR 서비스를 대상으로 제시한 방법론을 적용시킴으로써 구체적으로 어떻게 셀 레벨 성능시험이 수행되는지를 살펴본다.

2.3.1 종단간 CBR 성능 파라미터

종단간 CBR 성능 파라미터에는 에러 성능 및 타이밍 무결성과 정보전달 속도와 관련해서 다음과 같이 정의된다[5].

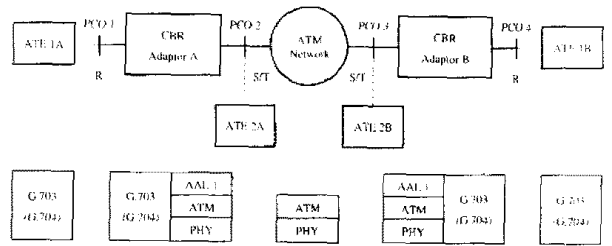
- 에러 성능과 관련된 파라미터
  - Errored Seconds Ratio(ESR) : 총 시간에 대한 에러난 시간에 대한 비율
  - Severely Errored Seconds Ratio(SESER) : 총 시간에 대한 심하게 에러난 시간에 대한 비율
  - Background Block Error Ratio(BBER) : 총 블록에 대한 background 블록 에러에 대한 비율
- 타이밍 무결성과 관련된 파라미터
  - Output Jitter and Wander(OJW) : 출력측 인터페이스에서의 이상적인 신호 위치에 대한 10Hz 이상의 단주기 변화를 Output Jitter, 10Hz 이하의 장주기 변화를 Output Wander로 정의
  - Clock Frequency Deviation(CFD) : 인터페이스를 통해 전송되는 신호의 최대 허용 오차
  - SR(Slip Rate) : slip은 버퍼에서 read and write 속도의 불일치에 의해 유도된 비트 스트림에서, 블록의 삭제 또는 반복으로써 정의되는데 이러한 slip이 발생하는 비율을 의미
  - Maximum Time Interval Error(MTIE) : 일정한 측정 기간에 대한 참조 타이밍 신호와 비교시 측정 신호의 시간 지연에 대한 차이로써 정의

• 정보 전달 속도와 관련된 파라미터

- End-to-End Delay(ETED) : 반향(echo)이 적절하게 제어되는 연결에 대한 단방향 전송 시간

2.3.2 시험 구성

CBR 서비스 성능 시험을 위한 시험 구성은 (그림 4)와 같다와 같다. 그림에서 제어 및 관찰 지점(Points of Control and Observation) PCO 1 및 PCO 4는 참조 지점 R에, PCO 2 및 PCO 3는 S/T에 위치한다. 또한 시험 장비로써 G.703[6] 물리 계층상의 2Mbps 비트 스트림을 생성 및 분석하는 ATE 1과 물리층, ATM층 및 상위층과 이에 포함된 서비스를 시험하기 위해 개발된 ATM 생성기/분석기로서 ATE 2를 사용한다.



(그림 4) 종단간 시험을 위한 구성

2.3.3 시험 스위트의 구성 및 목적

CBR 성능 시험은 시험 스위트의 형태로 IUT(Implementation Under Test)의 각 시험 항목에 대한 목적 및 절차를 자세하게 기술하는데, 시험 스위트의 구성은 다음과 같다.

가. 시험 스위트 구성

ATS	Test Group	Subgroup	TC Name
CBR	PER	EEP	611xx
		TIM	621xx
		APC	631xx

TC(Test Case) Name의 첫 숫자는 시험 그룹을 식별하는데, CBR 서비스의 기능적인 시험을 위해 "1~5"까지 할당되었고, 성능 시험에 대한 내용은 "6"으로 시작된다.

나. 시험 경우의 예

아래의 예는 CBR 성능 시험에 대한 시험 스위트 구

방법상, 대표적으로 TC Name 61105(ETED(End-to-End Delay)의 시험 경우이다. 시험 경우의 구성은 TC Id, 시험 목적, 시험 구성 등 시험의 개괄적 사항을 포함한 부분, 시험 장치 설정, 절차 및 시험 결과를 포함한 시험 정의 부분, 주로 시험 구성에 관한 유의 사항을 기술한 Note 부분으로 구성되어 있다. 전반적으로 볼 때, CBR 서비스에 대한 성능 시험은 이러한 시험 경우에 따라 시험을 수행함으로써 망 인자 측정 및 망 인자간 상호관계를 분석하고, 이를 통해서 대상 물에 대한 성능 평가가 내려지는 스킴이다.

TC Name :	61105																						
TC Id :	CBR/PER/EEP/TC 61105																						
ATC version :	2.0																						
Reference :	ITU-T Rec. G.114.5.																						
Test Purpose :	To verify that the ETED(End-to-End Delay) for connections with echo adequately controlled is recommended to be in the range 0 to 150 msec.																						
Rationale :	The ETED is defined as the mean one way transmission time. The constraint is given to emphasize the need to consider the delay impact on the transmission quality of user applications.																						
Test Configuration :	Configuration 2. Traffic Scenarios 0, 1.1, 2.1, 3.1, 1.2, 2.2, 3.2, 1.3, 2.3, 3.3.																						
Test Description :																							
Test Set up :	S-1 Set up the CBR adaptor to support 2.048 kbit/s G.703 signals. Set-up a predefined VP/VC connection between the adaptors through the network according to the supported range of values (see IXIT items 1.3 and 1.4). S-2 Set up ATE1A to generate a 2.048 kbit/s G.703 output signal. S-3 Set up ATE1B to receive a 2.048 kbit/s G.703. S-4 Set-up ATE2A to ATE2B in monitor mode.																						
Parameters Value :	Testing Period : 24 hours.																						
Test Procedure :	A-1 Generate a G.703 stream from ATE1A. A-2 Use the ATE1 timing measurement functionality to measure the ETED experimented by the test stream.																						
Test Result :	The test result shall be a table in the format shown below.																						
Result Output :	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>Scenario</th> <th>Measured ETED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Scenario 0</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 1.1</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 2.1</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 3.1</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 1.2</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 2.2</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 3.2</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 1.3</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 2.3</td><td></td></tr> <tr><td>Scenario 3.3</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Scenario	Measured ETED	Scenario 0		Scenario 1.1		Scenario 2.1		Scenario 3.1		Scenario 1.2		Scenario 2.2		Scenario 3.2		Scenario 1.3		Scenario 2.3		Scenario 3.3	
Scenario	Measured ETED																						
Scenario 0																							
Scenario 1.1																							
Scenario 2.1																							
Scenario 3.1																							
Scenario 1.2																							
Scenario 2.2																							
Scenario 3.2																							
Scenario 1.3																							
Scenario 2.3																							
Scenario 3.3																							
Notes :	The test will be executed in loopback configuration(i.e. ATE1A and ATE2B should be placed in the same site).																						

2.4 셀 레벨 성능에 영향을 미치는 요소

셀 레벨 성능 시험에서, QoS 파라미터 측정과 더불어 부가적으로 고려해야 할 사항중의 하나가 이러한 성능에 영향을 미치는 요소들이며, 이들간의 상호 연관성을 분석할 필요가 있다. 즉, 성능 저하 원인 및 요소가 어떻게 QoS를 제공하는 망의 능력에 영향을 미치는가를 분석함으로써 전체적인 망 성능을 향상시킬 수 있는 방안을 제시할 수 있다. <표 2>는 성능 영향 요소 및 성능 파라미터간의 상호 관계를 나타내었다. 예를 들어, 성능 저하의 주된 원인중 하나는 ATM 스위치 구조 자체가 될 수 있는데, 스위칭 매트릭스 및 버퍼 설계 형태에 따라 성능 저하에 가장 큰 원인이 되는 과잉 밀집 상황의 발생 빈도에 영향을 미칠 수 있다. 이 밖에 성능 저하 요인으로 매체 에러, 과도한 트래픽 로드 및 자원 예약, 포트 또는 링크에 의한 실패 및 오류, 스위치 자체의 손실을 등이 있다.

<표 2> 성능 영향 요소 및 QoS 파라미터간의 상호 관계

Attribute	CER	SECBR	CLR	CMR	CTD	CDV
Propagation Delay					X	
Media Error Statistics	X	X	X	X		
Switch Architecture			X		X	X
Buffer Capacity		X	X		X	X
Number of Nodes	X	X	X	X	X	X
Traffic Load			X	X	X	X
Failures	X	X	X			
Resource Allocation			X		X	X

3. 프레임 레벨 성능 시험

3.1 프레임 레벨 성능의 개념

최근까지 ATM망의 성능 시험은 ATM 계층 즉, 네트워크 관점에서 관련 성능 파라미터 및 영향 요소를 측정하고 이를 분석 및 평가함으로써 이루어지는 셀 레벨 성능 시험 위주로 수행되어 왔다. 그러나, 대부분의 셀 레벨 파라미터는 주어진 IUT에 대해 사용자 인식하는 성능에 직접적으로 반영되기 어렵다. 예를 들면, 사용자가 2개의 스위치를 비교할 때, 하나는 셀 손실율이 0.1%, 프레임 손실율이 0.1%인 반면, 다른 하나는 셀 손실율이 1%, 프레임 손실율이 0.05%이라면, 사용자는 셀 손실율보다는 프레임 손실율이 낮은 두번째 스위치가 더 우수하다고 생각할 것이다.

이에 따라, ATM 계층에서의 성능과는 다소 차이점이 존재하는 ATM 계층 이상, 즉 AAL 및 응용 레벨에서 수행되는 프레임 레벨 성능의 개념이 등장하였다. 이러한 성능은 throughput 및 latency 등 프레임 레벨 메트릭의 형태로 표현될 수 있다. 프레임 레벨 성능 시험시 실제적으로 주어진 응용의 성능은 이용된 IUT나 SUT에 따라 변하며, 또한 하위 프로토콜 스택의 선택, 사용된 ATM 서비스 카테고리 및 트래픽 제어 기법 등 다양한 성능 인자에 의존해서 변화할 수 있다. 성능에 있어 이러한 다양성은 다른 계층간 동적 상호작용의 복잡성에서 비롯된다. 예를 들면, TCP/IP 스택으로 동작하는 응용은 TCP 윈도우 흐름 제어 메커니즘 및 ATM 네트워크 혼잡 제어 메커니즘과 관련해서 성능 측정의 결과가 달라질 것이다. 게다가 ATM 계층 QoS 파라미터 및 사용자 레벨의 성능간에 직접적이며 단일한 관계가 존재하지 않는다. 이에 따라, ATM 포럼에서는 다음과 같은 논점 및 표준화의 필요성을 제시하였다[7].

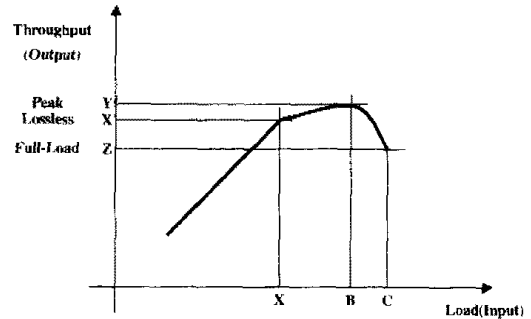
- ATM 채택자에게는 다양한 시스템을 거쳐 구현되는 사용자 응용의 성능 측정에 관한 지침이 필요하다.
- 성능 시험은 다른 서비스 범주에 의하여 제공되는 QoS에 관하여 ATM 계층에서 실행될 수 있어야 한다.
- 응용은 무수히 많으므로, 응용을 일반적인 클래스로 그룹화하는 것이 바람직하다. 개개 응용의 클래스는 메트릭, 시험 스위트 및 트래픽 성능 패턴과 같은 서로 다른 시험 환경을 필요로 한다. 또한, 동일한 응용은 기초가 되는 계층에 의존해서 다른 성능 결과를 가져올 수 있으므로, 동일한 프로토콜 스택의 이용에 기초해서 비교되어야 한다.

### 3.2 프레임 레벨 성능 파라미터

#### 3.2.1 Throughput

사용자에게 관심 대상인 3개의 프레임 레벨 throughput이 있다. (그림 5)에서 "X"로 표시된 Loss-less throughput은 어느 프레임도 SUT에 의해 손실되지 않을 때의 최대율이고, "Y"로 표시된 Peak throughput은 SUT가 프레임의 손실에 상관없이 동작시의 최대율이며, "Z"로 표시된 Full-load throughput은 입력 링크의 100%로 부하가 걸렸을 때의 throughput이다. 일반적으로, throughput은 ATM 기술 및 전송 시스템에 의해 삽입된 오버헤드를 제외한 프레임의 비트만을 카운팅

하는 유효 bps로 표현한다.



(그림 5) Peak, Loss-less 및 Full-load throughput

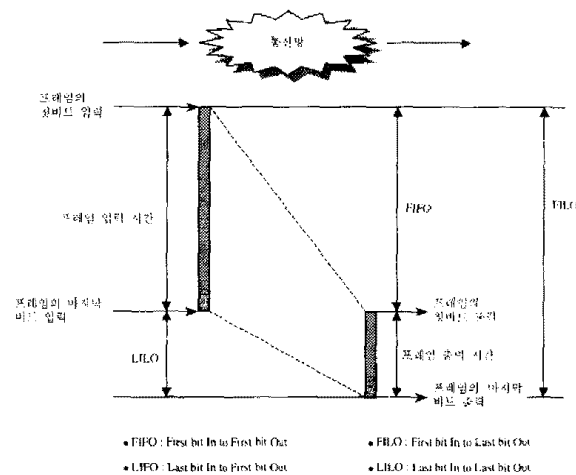
#### 3.2.2 프레임 latency

일반적으로, 프레임 latency는 MIMO(Message-in Message-out) Latency를 사용해서 sec 단위로 측정한다.

$$\text{MIMO latency} = \text{Min} \{ \text{LILO}, \text{FILO latency}, \text{NFOT} \}$$

$$\text{NFOT} = (\text{Frame Input Time}) (\text{Input rate} / \text{Output rate})$$

여기서, NFOT(Nominal Frame Output Time)은 프레임의 출력 시간을 의미하고, LILO latency는 마지막 비트가 들어가서 마지막 비트가 나오는 동안의 시간이며, 유사하게 FILO latency는 첫 비트가 들어가서 마지막 비트가 나오는 시간이다.



(그림 6) 일반적인 프레임 latency

#### 3.2.3 Throughput Fairness

이 메트릭은 이상적인 할당으로부터 실제 개개의 할당이 얼마나 다른지를 나타내는 척도가 된다. 예를 들어, N개의 가상회선에 대해 실제 측정되는 throughput이  $\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ 이고, 이상적인 throughput이  $\{O_1,$

$O_1, \dots, O_n$  이라면, SUT의 throughput 공정성을 다음과 같이 계산되는 "fairness index"에 의해 측정된다.

$$\text{FairnessIndex} = (\sum X_i)^2 / (n \times \sum X_i^2)$$

여기서,  $X_i = T_i/O_i$ 는 i 번째 VC에 관련된 할당이다. 일반적으로, Peak 및 Full-load throughput 부하에서의 공정성이 측정된다.

### 3.2.4 Frame Loss Ratio

FLR은 자원의 부족 때문에 SUT에 의해 보내지지 않는 프레임의 비율로써 정의되며 throughput 측정시 계산될 수 있는데, 일반적으로 Peak 및 Full-load throughput 부하에서의 FLR이 측정된다.

$$\begin{aligned} \text{Frame Loss Ratio} &= \frac{\text{Input frame count} - \text{Output frame count}}{\text{Input frame count}} \\ &= \frac{\text{Input rate} - \text{Throughput}}{\text{Input rate}} \end{aligned}$$

### 3.2.5 Maximum Frame Burst Size(MFBS)

MFBS는 송신측이 어떤 손실도 없이 SUT를 통해 최대 속도로 보낼 수 있는 최대의 프레임 수로써 SUT의 데이터 버퍼링 용량과 연속적인 프레임의 처리능력을 측정한다.

### 3.2.6 호 설정 latency

짧은 VC 기간동안, 호 설정 latency는 사용자에게 인지되는 성능의 중요한 부분으로, 호 설정 메시지와 연결 메시지에 의한 latency의 합으로 정의된다.

### 3.2.7 Application Goodput

AG는 주어진 응용에 대해 장기간동안 얼마나 데이터 전송이 가능했는가를 나타내는 척도로 측정 기간동안 송신된 패킷에 대한 수신된 패킷의 비로 정의된다.

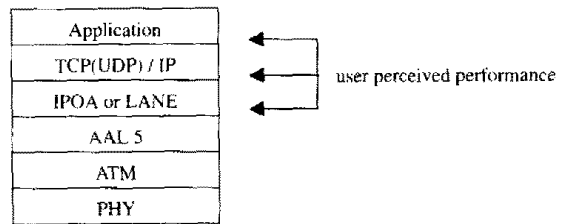
$$AG = \frac{\text{Frames Received in Measurement Interval}}{\text{Frames Transmitted in Measurement Interval}}$$

## 3.3 측정 방법론

프레임 레벨 성능 시험을 위한 측정 방법론의 주요 이슈는 측정 지점의 선택, 트래픽 패턴, 프로토콜 계층, 성능 메트릭 및 측정 구성 등과 관련되는데, 이러한 개념을 ATM을 통해 구현되는 응용, 특히 TCP/IP 응용을 예로 적용함으로써 구체화한다.

### 3.3.1 측정지점 및 성능 메트릭

전술한 바와 같이, 셀 레벨의 성능 시험은 주로 ATM 계층을 위주로 수행됨을 살펴보았다. 이와 다르게 사용자나 응용위주의 프레임 레벨 성능시험은 AAL 계층이상에서 수행되는데, 특히 ATM망을 통한 TCP/IP 응용 구현시, 사용자 데이터는 (그림 7)에 나타난 것처럼 다양한 프로토콜 계층을 거치게 된다.



(그림 7) 사용자 관점의 측정 지점

(그림 7)은 프레임 레벨 성능시험과 관련해서 선택 가능한 측정 지점의 예를 도시하였다. AAL5, LAN emulation, IP 및 TCP 등 적어도 4개 지점에서 프레임 레벨 성능 시험이 수행될 수 있다. 프레임 레벨 성능을 측정할 수 있는 가장 하위 계층인 AAL5에서는 앞서 정의한 대부분의 성능 메트릭의 측정이 수행되어야 한다. LAN emulation 또는 IPOA 계층은, 특히 전통적인 LAN 기술과 ATM 기술을 비교하고자 하는 사용자에게는 유용한 측정지점이 될 수 있다. 또한, TCP는 신뢰적인 전송 프로토콜이므로 TCP 계층에서의 성능 시험은 이를 고려해서 수행되어야 한다. 마지막으로, IP 계층은 TCP 또는 UDP와 함께 구현되므로 전송 계층을 측정지점으로 해서 성능시험이 수행된다.

<표 3> 각 계층별 성능 메트릭

	AAL 5	TCP	IPOA
Peak Throughput	✓	주 1	✓
Lossless Throughput	✓	✓	✓
Latency	✓	✓	✓
FLR	✓	주 2	✓
Call Establishment Latency	✓	주 3	주 3
Max Call Establishment Rate	✓	주 3	주 3

- 주 1 : TCP는 신뢰성있는 프로토콜이므로 Peak throughput은 Lossless throughput과 같은데, 즉 손실된 패킷을 재전송하므로 TCP 사용자에게 "0" 손실율을 전송한다. 그러므로 TCP레벨에서는 이 메트릭을 적용하지 않는다.
- 주 2 : 주 1의 이유로 TCP계층에서 FLR은 "0"이다.
- 주 3 : 호 설정은 VC와 관련되므로 AAL5에서만 유효하다.

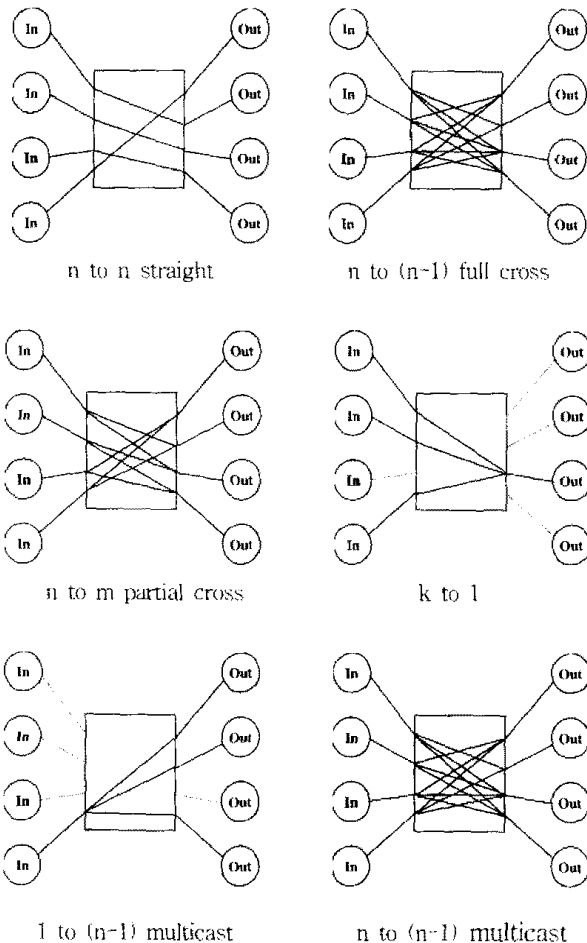


전술한 매트릭을 바탕으로 (그림 9)의 프로토타입 스택에서 적용될 수 있는 성능 매트릭이 <표 3>에 나타나 있다. 프레임 레벨 성능의 측정지점 선택시 가장 중요한 점은 비용 및 효율성 측면을 고려하여 측정지점을 최소화하는 것이라 할 수 있다.

3.3.2 측정 구성

가. 연결 구성 및 트래픽 특성

일반적으로, 성능 시험은 background 트래픽을 고려한 조건과 그렇지 않은 조건하에서 수행된다. foreground VCC는 성능이 측정되는 트래픽만을 전달하기 위해 사용되며, background VCC는 이러한 성능에 영향을 미치는 background 트래픽을 전달하는데 사용된다. 각 트래픽의 특성은 연결 구성, 서비스 클래스, 도착 패턴, 프레임 길이 및 입력율의 형태에 의해 명시된다. (그림 8)과 같이 n 포트를 가진 시스템은 다음 연결 구성에 대해 시험을 수행하고 성능 평가가 내려진다.

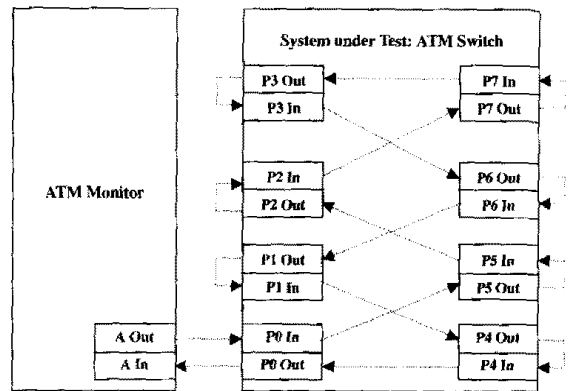


(그림 8) foreground VC에 대한 연결 구성

- n to n straight : 한 포트로부터의 입력은 또 다른 포트로 출력되며 VCC간 경로 충돌이 거의 없음을 나타낸다.
- n to (n-1) full cross : 각각의 포트로부터의 입력은 다른 편 (n-1) 포트를 각각에 동등히 나누어져 출력되며, VCC에 의한 스위칭 조직의 강한 경쟁을 나타낸다.
- n to m partial cross : 각각의 포트로부터의 입력은 다른 편 m 포트( $1 \leq m \leq n-1$ )에 동등히 나누어져 출력되며, VCC에 의한 스위칭 조직의 부분적인 경쟁을 나타낸다.
- k to 1 : k( $1 < k < n$ ) 포트로부터의 입력은 하나의 포트로 출력되는데, 이는 출력 포트에 압박을 가하는 것이다.
- 1 to (n-1) multicast : 1개의 포트로 입력된 모든 foreground 프레임은 다른 쪽 (n-1) 포트에 멀티캐스트되며, 스위치의 단일 멀티캐스트 성능을 시험한다.
- n to (n-1) multicast : 각각의 포트는 다른 쪽 (n-1) 포트에 멀티캐스트되며, 다중 멀티캐스트 성능을 시험한다.

나. Scalable 시험 구성

(그림 8)과 같은 연결 구성으로 성능 시험 수행시, 시험 시스템은 스위치의 각 포트마다 상응하는 생성기/분석기 포트를 가져야한다. 이는, 많은 수의 포트를 가진 대규모의 스위치를 대상으로 시험을 수행할 때, 고비용의 다양한 측정 장비를 필요로 하게 된다. 그러므로, 단지 몇 개의 생성기/분석기 쌍을 가진 ATM 감시기만으로 시험대상의 성능 측정이 가능한 scalable 시험 구성이 다양한 시험 환경에 대해 연구되고 있다. (그림 9)는 8 to 8 straight 연결 구성에서 8개의 포트



(그림 9) 8 to 8 straight 연결 구성을 가진 scalable 시험 구성

을 가진 하나의 ATM 스위치에 대한 간단한 시험 구성을 나타낸다. 시험 구성에서, ATM 감시기와 스위치 간 1개의 링크가 존재하며 다른 7개의 포트는 외부 루프백을 가진다. 루프백은 주어진 포트의 출력을 거쳐 전송된 프레임들을 동일한 포트의 입력으로 되돌려 준다.

### 3.4 TCP/IP over ATM에 대한 프레임 레벨 성능시험 방법

ATM 망에서 TCP/IP와 같은 트래픽을 수용하기 위해 사용 가능한 서비스 카테고리는 특히, 데이터 응용을 지원하기 위해 개발된 ABR 및 UBR이다. 본 절에서는 TCP/IP over ATM에서 프레임 레벨 성능시험이 어떻게 수행되는가를 살펴보고, 이와 관련해서 성능 메트릭의 정의 및 측정 가능한 시험 구성과 시험 경우를 간략히 살펴본다.

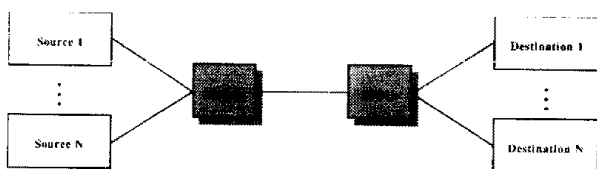
#### 3.4.1 성능 메트릭 및 영향 요소

3.3절 및 <표 3>을 바탕으로 Throughput, Fairness, Latency, MFBS을 성능 메트릭으로 선택하였다. 각 메트릭에 대한 정의는 3.3절에 기술하였고 특히, throughput과 공정성은 TCP/IP over ATM에 있어 핵심적인 메트릭이다. 또한, 성능 영향 요소로는 버퍼링 능력, Background VBR의 존재 및 특성, 소스의 수, TCP 파라미터, RTT(Round Trip Time) 등이 있다[8].

#### 3.4.2 시험 구성 및 시험 경우

##### 가. 시험 구성

(그림 10)은 한개의 병목 링크를 n개의 소스가 공유하는 N 소스 구성을 나타내는데, 일반적으로 시험의 편의상 모든 링크가 동일한 속도 및 지연 시간을 가지며, 트래픽은 단방향이라 가정한다.



(그림 10) N 소스 시험 구성

##### 나. 시험 경우

일반적으로 볼 때, TCP/IP over ATM에 대한 성능 시험은 적용 가능한 성능 메트릭을 추출한 후, 성능 영향 요소 및 설정 파라미터의 변화에 따른 성능 인자

를 측정하고, 이들간의 상호 관계를 분석하여 대상물에 대한 성능 평가를 내림으로써 수행된다.

구성	N source (N = 5, 10, 15, ...)
트래픽 형태	Infinite, bursty, unidirectional, bidirectional
Background 트래픽	With and without VBR
High layer	Non-TCP, TCP
Buffer 형태	Single, Multiple FIFO buffer
VBR period	Large, medium, small
VBR duty cycle	0.9, 0.8, 0.7, ...
링크 지연, RTT	LAN → μs 단위, WAN → ms 단위
링크 용량	155.52 Mbps = PCR
Buffer size(cell)	LAN → 10 <sup>3</sup> 단위, WAN → 10 <sup>6</sup> 단위

(그림 11) TCP/IP over ATM 시험 경우

## 4. 결 론

본 논문에서는 ATM 망을 대상으로 수행되는 성능 시험의 개념을 셀 레벨 및 프레임 레벨로 나누고, 각각에 대한 프레임워크를 제안하였다. 이러한 셀 레벨 및 프레임 레벨 성능시험은 ATM망에 대한 표준화가 거의 완성단계에 와있고 지역 네트워크의 백본으로 ATM 망구축이 확산됨에 따라 사용자의 다양한 요구 사항에 대처하고 보다 향상된 서비스를 제공하기 위해 반드시 선행되어야 한다.

본 논문에서 제안한 ATM망 성능 시험의 프레임워크는 기존에 주축을 이루며 수행해왔던 셀 레벨뿐만 아니라 점점 그 중요성이 부각되고 있는 프레임 레벨 성능시험 수행시 적용될 수 있다.

향후 연구 항목으로는 제안된 프레임 레벨 성능 시험 프레임워크를 구체적인 구현물에 응용하는 것이다. 이와 관련해서 현재, TCP/IP over ATM을 대상으로 구체적인 시험경우 개발 및 시험 환경 구축에 대한 연구를 추진하고 있다. 또한, 이 연구의 성능 측정 결과에 따라 국가에서 추진하고 있는 초고속 선도시험망에 적용하는 것도 향후 수행되어야 할 과제이다.

## 참 고 문 헌

- [1] The ATM Forum, "Traffic Management Specification Version 4.0," April 1996.
- [2] ITU-T Recommendation I.356, "B-ISDN ATM

- Layer Cell Transfer Performance," October 1996.
- [3] ITU-T Recommendation O.191, "Equipment to assess ATM Layer Cell Transfer Performance," April 1997.
- [4] ATM Forum contribution 96-0810R7, "ATM Forum Performance Testing Specification," December 1997.
- [5] ITU-T Recommendation G.826: "Error performance parameters and objectives for international constant bit rate digital paths at or above the primary rate." [Revised draft, issued date: 14. 03. 1994]
- [6] ITU-T Recommendation G.703, "Physical and electrical characteristics of hierarchical digital interfaces," 1991.
- [7] Raj Jain, "Performance Testing Effort at the ATM Forum: An Overview." IEEE Communication Magazine, October, 1996.
- [8] Shiv Kalyanaraman, "Performance and buffering requirements of Internet Protocol over ATM ABR and UBR services," IEEE Communication Magazine, October, 1997.



**안 성 수**

e-mail : ahnss@pel.pknu.ac.kr  
 1998년 부경대학교 정보통신공학과 졸업(학사)  
 1998년~현재 부경대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정  
 관심분야 : QoS, 성능시험, 통신 프로토콜 등



**최 영 복**

e-mail : ybchoi@tmic.tit.ac.kr  
 1984년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1988년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1996년 오사카대학교 대학원 통신공학과(공학박사)

1984년~1985년 LG 전자 쿠미연구소  
 1985년~1996년 한국전자통신연구원 선임연구원  
 1996년~현재 동명정보대학교 정보통신공학과 조교수  
 관심분야 : ATM switching network, Optical Networks, Photonic Switching systems



**이 준 원**

e-mail : leejuw@anu.andong.ac.kr  
 1976년 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1992년 충북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)  
 1997년 충북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학박사)

1977년~1979년 삼성전기 기술개발실  
 1980년~1998년 한국전자통신연구원 초고속망연구실장  
 1998년~현재 안동대학교 정보통신공학과  
 관심분야 : 초고속정보통신망, 정보통신 표준화, 통신 프로토콜, 방재통신 등



**김 성 운**

e-mail : kimsu@dolphin.pknu.ac.kr  
 1982년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1990년 프랑스국립파리 7대학 정보공학과(공학석사)  
 1993년 프랑스국립파리 7대학 정보공학과(공학박사)

1982년~1985년 한국전자통신연구원 데이터통신 연구실(연구원)  
 1986년~1995년 한국통신연구개발원(선임연구원)  
 1990년~1993년 프랑스 전기통신기술연구소(초빙연구원)  
 1995년~현재 부경대학교 정보통신공학과(교수)  
 관심분야 : 프로토콜 엔지니어링, 데이터통신 통신프로토콜 시험, 컴퓨터 네트워크 등