

# 고속 인터넷 접속 방법들에 대한 성능 분석

김 연 숙<sup>†</sup> · 김 길 용<sup>††</sup> · 이 정 태<sup>†††</sup>

## 요 약

인터넷의 급속한 확산은 우리의 생활 전반을 뒤흔들고 있다. 특히, 가정에서의 네트워크 환경은 댁내 통신망(Home Area Network)이라는 이름으로 활발한 연구가 진행중이다. 댁내의 가전 기기들이 점차 디지털화 되고 네트워크 기술을 요구하게 됨에 따라 가정에서의 인터넷 사용 요구도 급격하게 증가하고 있다. 현재 가정에서 사용될 수 있는 고속 인터넷 기법으로는 케이블 모뎀과 ADSL 모뎀이 있다. 또 앞으로는 FTTH까지 발전할 것으로 전망된다

본 논문에서는 이러한 고속 인터넷 기법들을 가정에서 이용할 경우에 사용자들의 멀티미디어 요구를 만족시킬 수 있는지를 확인하기 위해 실제 제공받을 수 있는 성능을 측정하였다 또 초고속 시험망을 이용하여 FTTH를 사용할 경우에 우리가 제공받을 수 있는 성능을 측정하였다.

## Performance Analysis of the High-speed Internet Access Method

Yeon-Sook Kim<sup>†</sup> · Gil-Yong Kim<sup>††</sup> · Jung-Tae Lee<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

The development and popularization of Internet changes our whole life style. Nowadays, the research on the digital network in home(HAN, Home Area Network) is now under studying This technology is more and more required according to development of digitalized household electric appliances and the digital data/control network The Internet technology requirement in Home Area is also on the increase The Internet technology now using in home is through ADSL modem and Cable modem. From now on, the prospect of the Home Area Network environment will be developed until FTTH(Fiber To The Home)

In this paper, we measure the network propagation performance to verify which the user in home can enjoy the digital multimedia data through these high speed internet technology. We also measure another performance when we use these high speed internet technology as FTTH

### 1. 서 론

인터넷의 급속한 확산은 우리의 생활 전반을 뒤흔들고 있다. 특히, 가정에서의 네트워크 환경은 댁내 통신망(Home Area Network)이라는 이름으로 활발한 연구가 진행중이다 동영상 압축 기술, 디지털 신호처리 기

술, 그리고 정보 가전용 운영체제 등의 기술 발전으로 인해 댁내의 가전 기기들이 점차 디지털화 되고 네트워크 기술을 탑재하게 되어 이들 가전 기기들간의 통신 기술을 일컫는 댁내 통신망 기술이 자연스럽게 등장하고 있다.

머지않아 각 가정에서는 댁내 통신망 구축이 현실화 되어 과거에는 생각하지 못했던 많은 편리함을 누리게 될 것이다. 단순히 목소리만 듣는 전화가 아니라 상대방의 모습을 보며 대화할 수 있는 영상 전화, 원하는

<sup>†</sup> 준 회원 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과  
<sup>††</sup> 중회원 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과 교수  
<sup>†††</sup> 강 회원 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과 교수  
논문집수 2000년 5월 12일, 심사완료 2000년 10월 9일

영화를 언제든지 요청해서 볼 수 있는 주문형 비디오, 영상 회의, 대내 원격 강의, 고속 데이터 서비스, 텔레뱅킹, 홈쇼핑과 같은 다양한 서비스들이 앞으로 우리의 생활을 더욱 풍요롭게 해 줄 것이다[1-2].

이 중에서 이미 일부에서 시범적으로 제공되고 있는 서비스로는 주문형 비디오 서비스나 가정에서의 인터넷 서비스와 화상 전화기 등이 있다. 특히, PC를 사용하지 않고 기존의 TV에 Set-Top Box를 통해 이러한 서비스를 받을 수 있는데, 최초의 정보 가진도 PC와 TV를 통합하는 PC/TV가 될 것으로 예상된다.

이러한 대내 통신망의 많은 서비스들을 제공받기 위해서는 이제 가정에서의 인터넷 접속 방법도 기존의 모뎀을 사용하는 방법이 아니라, 고속을 지원할 수 있는 새로운 방법들이 필요하다. 현재 국내에서 서비스되고 있는 고속 통신 접속 방법들을 살펴보면, 케이블 TV망을 이용한 두루넷이나 하나로 통신, 드림라인 등의 케이블 모뎀이나 전화망을 사용하는 한국통신이나 하나로 통신의 ADSL 모뎀 등이 있다. 본 연구에서는 가정에서의 인터넷 사용, 특히, 주문형 비디오와 같은 멀티미디어 정보를 이용하기 위한 고속 통신망 접속 방법들에 대해 살펴보고, 이러한 방법들이 제공하는 통신 속도에 대해 성능 측정을 하였다.

본문의 2장에서는 현재 가정에서 이용할 수 있는 고속 인터넷 접속 방법들에 대해 정리하였으며, 3장에서는 성능 측정을 위해 작성한 서버와 클라이언트 프로그램에 대해 기술하였다. 4장에서는 성능 측정을 위한 환경과 성능 측정 결과들을 설명하고, 마지막으로 결론을 기술하였다.

## 2. 고속 인터넷 접속 방법

멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 증가하면서 가정에서 접속할 수 있는 고속 인터넷 접속 방법들이 제공되고 있다. 현재 가정에서 인터넷에 접속하는 방법은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 우선 기존의 전화선을 이용하는 일반적인 모뎀을 사용하는 방법과 케이블 TV망을 통해 케이블 모뎀을 사용하여 데이터 통신을 하는 방법, 그리고 전화선을 이용하지만 고속을 지원할 수 있는 ADSL 모뎀을 사용하는 방법 등이 있다.

기존의 모뎀을 사용하는 방법은 ISDN 방식을 사용하게 되면 최대 128Kbps 정도의 전송 속도를 낼 수

있다. 하지만 128Kbps의 속도는 텍스트나 간단한 이미지 기반의 웹 페이지, 음성 서비스 등은 지원할 수 있지만, 실시간 비디오 정보를 요구하는 VOD(Video On Demand)나 NOD(News On Demand), Hi-Fi와 같은 고급 음질을 요구하는 오디오 서비스 등의 지원은 어렵다.

두번째 방법인 케이블 모뎀은 케이블 TV망을 이용하고 있으며, 대표적인 서비스 업체는 두루넷이다. 또 드림라인이나 하나로 통신등에서 케이블 모뎀을 이용하는 서비스가 제공되고 있다. 케이블 모뎀은 아직 표준화가 완료되지 않았지만 대부분 비대칭형 서비스(Asymmetric Service)이며, 하향(Download)으로는 8Mbps 16Mbps 정도의 속도이고 상향(Uplink)으로는 640Kbps 1Mbps 정도가 일반적이다. 현재 국내에서 서비스 중인 두루넷이나 드림라인, 하나로 통신 등에서는 하향 10Mbps, 상향 768Kbps 정도의 속도를 지원하고 있다[3-6].

세번째 방법인 ADSL 모뎀은 기존의 전화선을 사용하지만 고속을 지원하며, 현재 한국 통신과 하나로 통신에서 제공하고 있는 서비스이다. ADSL 모뎀도 비대칭형 서비스로서 하향(download)측 속도는 1.54Mbps 8Mbps 정도인 반면, 상향(upload)측 속도는 16Kbps 640Kbps 정도를 지원한다. 또 기존의 전화선을 같이 사용하지만, 전화와 인터넷 통신 서비스를 동시에 지원할 수 있다. 현재 국내에서 서비스 중인 하나로 통신과 한국 통신에서는 하향 8Mbps, 상향 800Kbps 정도의 속도를 지원하고 있다[5, 7, 8].

본 연구에서는 위의 세가지 방법 중, 모뎀을 이용하는 방법은 실시간 멀티미디어 서비스의 지원이 어렵기 때문에 제외하고, 나머지 두가지 기법에 대한 자료 조사와 테스트 환경을 구축하였다.

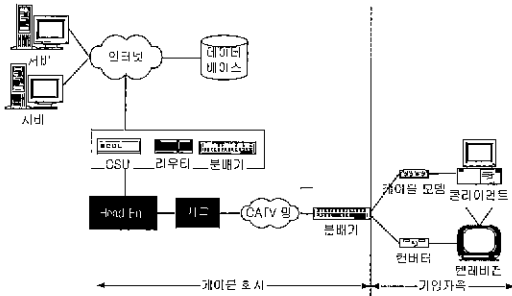
또 앞으로는 통신망이 FTTO(Fiber-To-The-Office)나 FTTC(Fiber-To-The-Cube)를 거쳐, 궁극적으로 가정까지 광케이블이 설치되는 FTTH(Fiber-To-The-Home) 환경으로 발전할 것으로 전망된다. 하지만 FTTH 환경은 아직 서비스 되기까지 시간이 많이 걸릴 것이므로 여기서는 FTTC에 대한 테스트 환경을 구축하였다. FTTC에 대한 테스트는 이미 정부에서 실험적으로 구축한 초고속 선도시험망 공동이용 센터를 활용하였다[9].

우선 세가지 네트워크 접속 기법들에 대해 구축한 테스트 환경을 설명하였다.

2.1 케이블 모델

케이블 모델은 케이블 TV망을 통한 고속 데이터 통신 서비스를 제공하기 위하여 사용자 PC와 케이블 TV망을 연결시켜 주는 장치이다. 케이블 TV망과 케이블 모델을 이용한 접속기법은 2개의 60MHz 채널로 구성된 Broadband LAN 기술을 이용하며, Head End에서 가입자로 전달하는 하향전송은 Broadcast 방식을, 가입지에서 Head End로 전달하는 상향전송은 Personalcast 방식을 이용한다. 또한 양방향 통신 서비스가 가능하며 상향으로는 640Kbps 1Mbps, 하향으로는 8Mbps 16Mbps이상의 속도로 전송할 수 있다. 이 방법은 저가적으로 고속의 데이터 통신 서비스 제공받을 수 있는 장점이 있으며 기존의 SNMP(Simple Network Management Protocol) 소프트웨어를 기반으로 하는 망 관리를 수행하므로 관리가 용이하다. 국내에서는 두루넷과 하나로통신, 드림라인 등에서 케이블 TV망을 이용한 인터넷 서비스를 제공하고 있다[3-6].

본 논문에서 구성한 케이블 모델에 대한 테스트 환경은 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 케이블 모델 테스트 환경

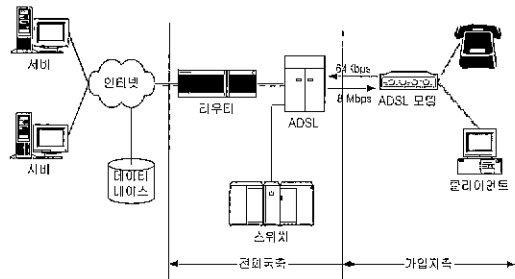
2.2 ADSL 모델

ADSL 모델은 통신 케이블로 기존 전화선을 사용하며 5.5Km까지 확장할 수 있고, 케이블 모델과 같이 상향전송보다 하향전송이 더 넓은 대역폭을 가진다. 하향전송은 1.544Mbps 8Mbps의 속도를 가지는 반면, 상향전송은 16Kbps 640Kbps의 속도를 가진다. 장점은 일반 전화 회선과 고속의 데이터 회선을 동시에 지원할 수 있으며 저렴한 비용으로 고속의 서비스를 제공할 수 있다. 기존의 전화선을 그대로 사용할 수 있으며 전화와 인터넷을 동시에 사용할 수 있는 장점

이 있다[5, 7, 8].

현재, 전세계에 ADSL 서비스를 본격적으로 제공하는 ISP가 40여개가 있으며, ADI, Motorola 등 회사에서의 DMT chip 양산으로 가격이 하락하여 대규모 보급이 예상된다. 국내에서는 한국통신에서 94년말 반포 전화국 판내에 거주하는 100가일자 대상으로 CAP 방식으로 아이비전 시범 서비스를 시작하였으며, 99년 6월부터 본격적인 상용 서비스를 제공하고 있다. 또 하나로 통신에서는 99년 4월에 처음 서비스를 시작하였으며, 현재 전국 대도시의 아파트 단지 위주로 서비스 지역을 확장하고 있는 추세이다.

본 논문에서 구성한 ADSL 모델의 테스트 환경은 (그림 2)와 같다.



(그림 2) ADSL 모델 테스트 환경

2.3 FTTC 통신 환경

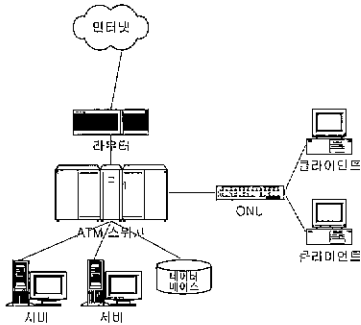
FTTC는 통신망이 가입자의 동네 어귀까지 광케이블로 설치되고 ONU(Optical Network Unit)에서부터 가입자까지의 선로는 기존의 선로(전화선 또는 동축 케이블)를 사용하는 방법이다. 이때 ONU에 접속되는 가입자수는 20회선 이하이다. 궁극적으로는 통신망이 가입자까지 광케이블이 설치되는 FTTH가 최종단계가 되겠지만, 여기까지는 아직 많은 시간이 필요할 것이고, 반면 FTTC 환경으로의 발전은 현재의 발전 속도를 감안할 때 멀지 않은 미래에 가능할 것으로 생각된다[9].

현재 ADSL 모델 환경이 FTTC 형태로 진행되고 있지만 아직은 미흡한 상태이다. 그러나 앞으로 통신 환경이 발전함에 따라 FTTC 환경은 빠르게 설치될 것으로 전망되기 때문에, 가정에서 요구될 멀티미디어 서비스를 지원할 수 있는 통신환경이라는 점에서 의미 있는 테스트가 되리라 생각된다.

본 논문에서는 현재 정부에서 추진중인 초고속 선도

시험망 공동 이용 센터의 ATM 장비들을 이용하여 FTTC 테스트 환경을 구성하였다. 하지만 다른 테스트 환경과는 달리 현재의 인터넷이 광케이블을 사용하는 환경이 아니기 때문에, 실제 FTTC 환경의 성능을 인터넷을 통해 테스트하기는 어렵다. 따라서 FTTC 환경의 최대 성능을 측정하기 위해 ATM 스위치를 중심으로 서버와 클라이언트를 두고, 서버는 ATM 스위치에 직접 연결하였으며, 클라이언트는 Cube 방법을 감안하여 테스트 환경을 구축하였다. 여기서 클라이언트들은 통신을 위해 LANE(LAN Emulation) 방식을 사용하며, 이더넷 카드와 허브를 이용하는 FTTC 환경을 구축하였다.

본 논문에서 구성한 FTTC 환경을 위한 테스트 망의 구성도는 (그림 3)과 같다



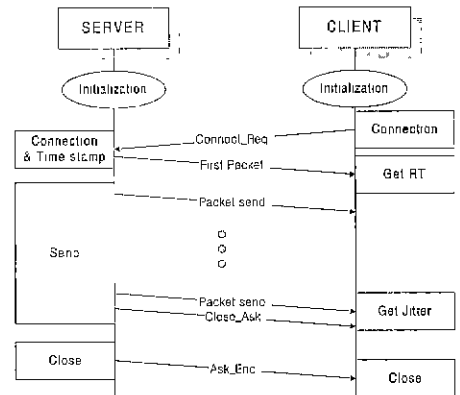
(그림 3) FTTC용 테스트 환경

### 3. 성능 측정을 위한 프로그램

본 논문에서는 앞서 설명한 가정에서의 인터넷 접속 방법들이 실제 제공하는 성능을 측정하기 위한 프로그램을 구현하였다. 기존의 서비스를 사용하여 성능 측정을 하지 않고 새로운 프로그램을 구현한 이유는 성능 분석에 필요한 여러가지 인자들을 얻기 위해서였다.

우리가 구현한 프로그램을 통해 구할 수 있는 측정 값으로는 응답시간, 시간당 패킷 전송 속도, 패킷당 지연시간 및 지터 등이 있다.

성능 분석을 위한 프로그램은 우선 네트워크의 최대 성능을 알아보는 데 그 목적이 있다. 따라서 불필요한 과정은 모두 삭제하고 데이터의 송수신에 대한 부분만을 포함하고 있다. 다음의 (그림 4)에는 성능 측정을 위한 프로그램의 동작 과정을 나타내었다.



(그림 4) 성능 측정용 프로그램 동작과정

본 논문에서는 성능 측정을 위한 프로그램을 2가지 종류로 작성하였다

우선 첫번째 프로그램은 TCP 프로토콜상에서 동작하도록 하였으며, 이 경우에는 에러 처리와 재전송을 TCP 프로토콜에서 처리하기 때문에 상위 계층에서는 패킷을 받아서 데이터 값만 처리하는 방법을 사용하였다. 이때 패킷의 크기에 따른 성능을 측정하기 위해 1Kbytes부터 64Kbytes까지의 다양한 크기의 패킷을 사용하였다

하지만 TCP 프로토콜은 QoS 보장이 어렵고, 에러 보다는 지연에 민감한 실시간 멀티미디어 정보를 처리하는데 문제점을 안고 있다. 두번째 프로그램은 TCP 프로토콜의 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안된 RTP 프로토콜과 UDP 프로토콜을 사용하여 개발하였다. 이 프로그램에서는 에러가 발생한 패킷은 폐기하였으며, 첫번째 프로그램과 마찬가지로 다양한 크기의 패킷을 사용하였다[10-12]

두 가지의 프로그램이 서로 다른 통신 프로토콜을 사용하고 있지만 기본적인 동작과정은 같기 때문에 여기서는 서버와 클라이언트 프로그램의 동작 과정을 간단히 살펴보았다.

#### 3.1 서버 프로그램

서버 프로그램은 클라이언트 프로그램이 실행되기 전에 동작하고 있어야 한다. 서버 프로그램의 동작과정은 다음과 같다.

우선 서버와 클라이언트 프로그램은 각각 초기화 과정을 거쳐서 소켓을 열고 서버 프로그램은 클라이언트의 접속을 기다린다. 클라이언트로부터 연결 요구가

오민 연결을 설정하고, 패킷을 전송하기 시작한다. 이때 서버는 경해진 크기의 패킷을 연속하여 시스템의 최대 성능으로 전송하게 된다. 이를 위해 서버는 다른 작업을 수행하지 않고 정해진 양의 데이터를 모두 보낼 때까지 기다린다.

서버가 전송하는 속도를 측정하기 위해 연결 설정후 첫번째 패킷을 전송하면서 체크한 time stamp와 마지막 패킷을 전송한 후의 time stamp를 저장해 둔다. 두개의 time stamp와 전송한 데이터양에 의해 서버의 전송 속도를 계산할 수 있다. 하지만 본 논문에서는 통신망의 성능을 측정하기 위해 성능이 좋은 서버 시스템을 사용하였기 때문에, 서버가 성능의 문제점으로 나타나진 않았다.

서버 프로그램은 마지막 패킷을 보낸 후 연결 해제를 클라이언트 프로그램으로 보내고, 다시 다른 클라이언트 프로그램으로부터의 연결을 기다리게 된다.

또 통신망의 상태에 따라 최대 전송 속도를 낼 수 있는 패킷의 크기가 달라지기 때문에 1Kbytes부터 64Kbytes까지 다양한 크기의 패킷을 전송하도록 프로그램을 수정하면서 실험을 수행하였다.

### 3.2 클라이언트 프로그램

본 논문에서 구하고자 하는 성능 측정 결과는 가정에서 얻을 수 있는 통신 서비스 속도이다. 따라서 성능 측정은 클라이언트 프로그램을 통해 여러 가지 결과들을 얻을 수 있다. 클라이언트 프로그램의 동작 과정은 다음과 같다.

클라이언트 프로그램도 서버 프로그램과의 연결 설정을 위해 초기화 과정을 거친 후, 먼저 서버에 연결을 요구하게 된다. 우선 클라이언트에서는 연결 설정을 요구한 시간부터 서버에서 응답이 올 때까지의 시간을 측정하여 통신망에서의 서비스 응답시간을 측정하였다.

이후에는 서버에서 최대 전송 속도로 연속해서 보내는 패킷을 수신하여 처리한다. 클라이언트 프로그램은 도착하는 모든 패킷의 도착 시간을 측정하여 데이터로 저장하였다. 이렇게 측정된 데이터를 이용하여 패킷의 절대적인 도착시간과 함께 하나의 패킷이 도착한 후 다음 패킷이 도착하는 때까지 걸린 시간을 계산할 수 있었다. 서버에서는 일정 시간으로 보내지는 패킷이지만 통신망의 상태에 따라 클라이언트에 도착하는 시간 간격은 달라지게 된다. 일반적으로 멀티미디어 정보는

에러보다는 시간에, 특히, 지연 시간의 분산인 지터에 의해서 품질에 영향을 받기 때문에 중요한 데이터이다.

그리고 패킷 전송이 완료되면 첫 패킷을 요구한 시점부터 마지막 패킷을 받을 때까지 걸린 시간을 수신한 바이트 수로 나누면 전송 속도를 계산할 수 있다. 클라이언트 프로그램은 서버로부터 마지막 패킷을 받은 후 연결 해제 요구가 있으면 서버에서 연결을 해제하고 측정된 데이터를 파일로 저장하고 마치게 된다.

## 4. 성능 측정

본 논문에서는 앞에서 이미 설명한 바와 같이 여러 가지 고속 인터넷 접속 방법들에 대한 테스트 환경을 구성하고 실제로 성능을 측정하였다. 이 절에서는 성능 측정에 사용된 인자들에 대한 정의와 실제 테스트 환경과 테스트 방법에 대해서 설명하고, 테스트 결과를 설명하였다.

### 4.1 성능 측정 인자

우선 네트워크에 대한 성능 측정에는 여러가지 인자가 있겠지만, 본 논문에서는 기본적인 통신망의 전송 속도와 클라이언트에서의 서비스요구에 대한 서버의 응답시간, 패킷간의 도착시간 간격과 지터를 사용하였다.

전송 속도는 가정에서 제공받을 수 있는 서비스 속도로서 성능의 기본이다. ADSL 모델이나 케이블 모델은 비대칭형 서비스를 제공하고, 가정에서도 일반적으로 송신하는 데이터보다는 수신하는 데이터가 많기 때문에 여기서는 하향에서의 속도를 측정하였다. 클라이언트에서 계산하는 전송 속도는 첫번째 패킷을 받은 시각부터 마지막 패킷을 받은 시각까지의 간격을 측정하고, 수신한 데이터의 크기를 수신하는 데 걸린 시간으로 나누어서 계산하였다. 이 때 프로토콜의 오버헤드에 의한 전송 속도 값의 오차를 최소화하기 위해 데이터의 크기를 최대한 크게 하여 결과를 측정하였다.

응답 시간은 클라이언트의 연결 요구 후에 서버에서 첫 패킷이 도착하는 때까지의 시간으로 사용지가 만족할 수 있는 시간 이내로 유지되어야 한다. 특별하게 값이 정해져 있지는 않고 서비스의 종류에 따라 조금씩 차이가 있다.

패킷간 도착시간 간격은 클라이언트에 도착하는 패킷들의 시간 간격을 측정할 값으로써, 서버에서는 일정한 속도로 패킷을 보내지만 망의 상태에 따라 클라

이언트에 도착하는 시간 간격은 차이가 나게 된다. 지터는 패킷의 도착 시간차에 대한 분산을 말하는 것으로 실시간 정보에서는 절대적인 지연보다 QoS에 더 많은 영향을 미친다.

전송 속도는 높을수록, 응답시간과 패킷간 도착시간 간격은 짧을수록, 그리고 지터는 작을수록 통신망의 성능이 좋다[13].

#### 4.2 성능 측정 환경

테스트 환경은 서버는 Ethernet 카드를 사용하여 LAN을 통해 인터넷에 연결되어 있는 시스템을 사용하였으며, 클라이언트는 각각 가정에서 설치하여 테스트하였다 하지만 FTTC의 경우에는 초고속 선도시험망 공동이용센터를 활용하였다.

서버의 IP는 164.125.68.108을 사용하였으며, 클라이언트의 IP는 ISP에서 제공하는 IP를 사용하였다.

서버와 클라이언트의 hop 수는 케이블 모델과 ADSL 모델 모두에서 12개로 이루어져 있었다. 클라이언트가 사용하는 모델에서 ISP의 중앙 시스템까지의 hop 수는 7개 정도이고, 서버가 교육망에 연결되어 있었기 때문에 ISP에서 교육망까지의 hop 수가 2-3개 정도이다. 또 교육망에서 서버 시스템까지의 hop 수도 2-3개 정도였다.

성능 측정은 평일과 휴일로 나누어서 했으며, 시간대는 오전 10시부터 오후 10시까지 시간마다 측정하였다. 한시간 단위로 측정한 것이 아니라 한 시간동안 여러 번 측정한 데이터를 정리하여 평균값을 사용하였다. 측정 기간은 약 두달동안 평일과 휴일에 측정하였다. 테스트하는 동안에도 결과를 분석하면서 시행착오를 통해 프로그램을 수정하여 정확한 값들을 얻기 위해 노력하였다.

하지만 FTTC의 경우에는 테스트 환경의 특성상 이런 구분이 의미가 없었기 때문에 시간대의 구분을 두지 않고 결과를 측정하였다

#### 4.3 성능 측정 결과

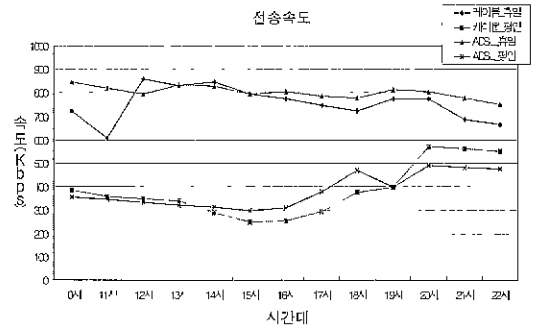
성능 측정 결과는 앞에서 설명한 인자들에 대해서 각각 나타내었으며, 전송 속도의 경우에는 일반적인 모델 방법과 FTTC 방법에 대한 값의 차이가 크기 때문에 따로 나타내었다. 여기에 나타낸 값들은 테스트 기간동안 했던 측정값들을 평균하여 사용하였다

#### 4.3.1 전송 속도

가장 기본적인 성능이 전송 속도이다. 앞에서 설명한 바와 같이 여기서의 전송 속도는 가정에서 데이터를 수신하는 하향에서의 속도를 측정하였다. 케이블 모델이나 ADSL 모델은 모두 서비스 업체에서 제공하는 가장 좋은 서비스를 제공받았다.

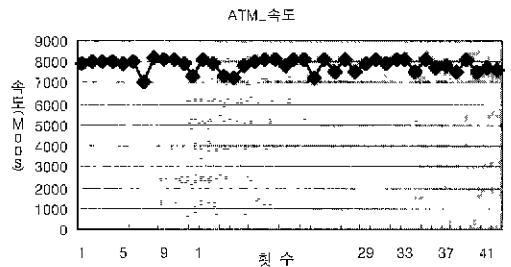
케이블 모델이나 ADSL 모델 모두 휴일이 평일보다 나은 성능을 보여주고 있으며, 휴일의 경우에는 하루 종일 비슷한 성능을 보여주었다. 하향에서의 속도는 휴일의 경우에는 700 - 800Kbps 정도를, 평일의 경우에는 300 - 500Kbps 정도를 나타내었다.

(그림 5)에 전송속도에 대한 측정 결과를 보여주고 있다.



(그림 5) 케이블 모델과 ADSL 모델의 전송 속도

FTTC의 경우에는 (그림 6)에 나타낸 바와 같이 거의 일정하게 8Mbps의 속도를 보여주었다



(그림 6) FTTC에서의 전송 속도

#### 4.3.2 응답시간

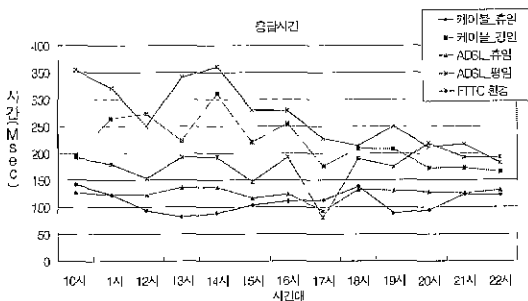
응답시간은 클라이언트의 요구에 대한 서버의 서비스 시작까지의 시간을 측정하였는데, 일반적으로 hop 수 등의 영향을 받는다. 이 실험에서 테스트한 결과, 서버와 클라이언트간의 hop 수는 일정한 숫자로 유지되고 있었다. 따라서 여기서 측정한 응답시간은 통신

망의 상태에 따른 변화라고 할 수 있다.

응답시간은 휴일이 평일보다 1/2~1/3 정도 짧은 것을 확인할 수 있었다. 또 ADSL 모뎀이나 케이블 모뎀 모두 비슷한 결과를 보여주고 있었다. 휴일에는 150msec 이나었고, 평일에도 300~350msec 이내로 나타남으로써 크지 않은 것으로 나타나고 있다. 테스트하는 동안에도 특별한 경우를 제외하고는 비슷한 수준의 응답시간을 보여주고 있었다.

FTTC 환경에 대해서는 처음 예상했던 시간보다 응답시간이 의외로 길게 나타나고 있었는데, 이것은 ATM망과 Ethernet망을 연결하는 LANE의 소프트웨어의 신호 처리에 의해 비교적 긴 응답시간을 보여주고 있는 것으로 생각된다.

(그림 7)에 응답시간에 대한 측정 결과를 나타내었다.



(그림 7) 케이블 모뎀, ADSL 모뎀과 FTTC에서의 응답시간

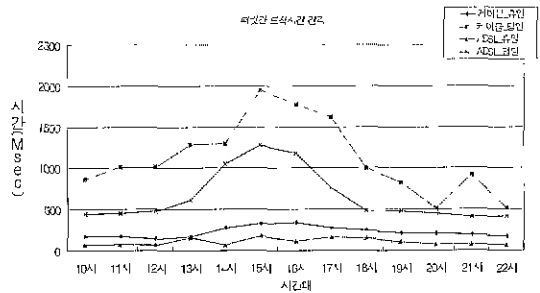
### 4.3.3 도착시간 간격과 지터

패킷간 도착시간 간격이란 서버에서 보낸 n번째 패킷이 도착한 시간에서 n-1번째 패킷이 도착한 시간을 뺀 값으로서, 서버에서는 일정한 간격으로 보내진 패킷이 클라이언트에 도착하는 시간 간격을 측정할 값이다. 이 값이 크다는 것은 망의 상황이 안정적이지 못하다는 것을 나타낸다. 케이블 모뎀과 ADSL 모뎀에서 휴일에는 거의 비슷한 지연을 보인 반면, 평일에는 케이블 모뎀의 경우 3~4배까지의 시간차를 보여주었고, ADSL 모뎀의 경우에는 2배 정도의 값을 나타내었다.

(그림 8)에 케이블 모뎀과 ADSL 모뎀에서의 패킷간 도착시간 간격을 나타내었다

지터는 패킷간 도착시간 간격의 분산을 나타내는 값이다. 실시간 멀티미디어 정보의 품질(QoS)은 절대적 지연보다 지연의 편차 즉, 지터에 더 큰 영향을 받는다. 따라서 성능 측정의 중요한 변수가 되고, 지터가

커지면 그만큼 클라이언트 측에 많은 양의 버퍼가 필요하게 된다.

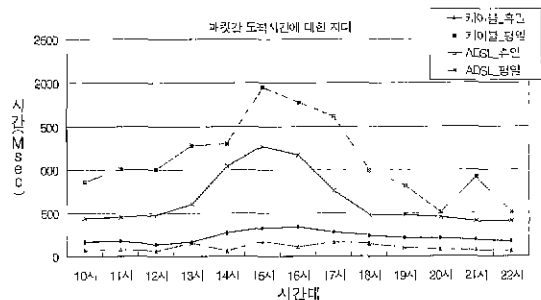


(그림 8) 케이블 모뎀과 ADSL 모뎀에서의 패킷간 도착시간 간격

지터의 계산은 패킷마다 도착시간을 측정하여 저장하는 방법을 사용하였는데, 이를 경우에는 전송 속도가 떨어지는 현상을 보여주었다. 이유는 데이터를 저장하는 동안에 패킷의 도착을 방해하는 일이 일어나기 때문이었다. 따라서 전송 속도를 테스트하기 위한 측정에 앞서 몇번의 지터를 위한 테스트를 먼저 실행한 후에 전송 속도를 위한 테스트를 실행하였으며, 그 값들을 평균하였다

지터에서는 ADSL 모뎀이 케이블 모뎀보다 훨씬 좋은 성능을 보여주었다. 휴일과 평일 모두에서 ADSL 모뎀이 케이블 모뎀보다 1/2~1/3 정도의 지터를 보여주고 있다. 휴일과 평일의 지터를 비교하면 평일의 지터가 휴일보다 5~7배 정도 차이가 나고 있어서, 휴일의 통신 환경이 훨씬 좋다는 것을 알 수 있다.

(그림 9)에 케이블 모뎀과 ADSL 모뎀에 대한 패킷간 도착시간에 대한 지터를 보여주고 있다.



(그림 9) 케이블 모뎀과 ADSL 모뎀에 대한 패킷간 도착시간에 대한 지터

FTTC 환경에서는 패킷간 도착시간 간격이 거의 일

정하게 유지되었으며, 지터는 0에 가까운 수치를 나타내었다.

#### 4.3.4 RTP와 UDP 프로토콜을 사용한 경우의 성능 측정 결과

TCP는 프로토콜을 사용할 경우에는 응용에서 에러 처리나 재전송등의 기능을 수행할 필요가 없다 반면 UDP를 사용할 경우에는 에러나 잃어버린 패킷에 대해 응용 프로그램에서 처리해야 한다. 따라서 신뢰성이 높은 망에서는 오버헤드가 없는 UDP가 유리하지만 신뢰성이 낮은 망에서는 TCP가 유리하다.

RTP와 UDP 프로토콜을 사용한 테스트 프로그램으로 성능 측정은 같은 서버와 클라이언트 시스템을 사용하였다. 패킷의 크기는 다양한 크기의 패킷을 사용하여 테스트를 해본 결과, ADSL 모뎀과 케이블 모뎀 환경에서는 4Kbytes를 사용하였을 때 성능이 좋았다. 반면 FTTC 환경처럼 신뢰성이 높은 통신망에서는 64Kbytes 단위의 패킷이 더 좋은 성능을 보여주었다.

본 과제에서 RTP는 하위계층으로 UDP를 사용했기 때문에 UDP의 특성을 가지고 있다. 케이블 모뎀이나 ADSL 모뎀에서 RTP는 전송시 3Mbps의 속도로 전송이 가능했지만, 실제 수신한 응용 프로그램에서 에러가 난 패킷은 버려지게 된다.

그리고 패킷에서 에러가 난 경우에 대해 재전송을 요구하고 패킷을 버려서, 에러없이 수신한 패킷들만을 계산한 경우에는 휴일의 경우에도 최대 150Kbps 이 있으며, 대부분 100Kbps 정도의 속도를 보여주었다. 평일이 경우에는 휴일의 10% 수준인 10Kbps 정도의 속도를 보여주었다.

반면 TCP 프로토콜을 사용했을 때 8 Mbps의 속도가 나온 FTTC에서는 13Mbps의 속도를 보여줌으로써 신뢰성이 높은 망에서는 RTP와 UDP 프로토콜이 훨씬 유리하다는 것을 보여주었다

## 5. 결론

인터넷의 발전에 따라 가정에서도 네트워크에 대한 요구가 커지고 맥내 통신망(Home Area Network)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 현재 가정에서 사용하는 고속 인터넷 접속 기법으로는 케이블 TV 망을 이용하는 케이블 모뎀과 전화망을 이용하는 ADSL 모뎀이 있다.

본 논문에서는 고속 인터넷 접속 기법을 사용할 경우에 가정에서 제공받을 수 있는 네트워크 성능을 측정하였다. 케이블 모뎀을 이용한 두루넷 서비스와 하나로 통신의 ADSL 서비스를 테스트 환경으로 선택하였으며, 초고속 선도 시험망을 이용하여 FTTC 환경에 대한 성능도 측정하였다.

ADSL 모뎀과 케이블 모뎀의 경우에는 비슷한 성능을 보여주었다. 전송속도는 하향에서 휴일에는 700Kbps 800Kbps 정도의 성능을 보여주었으며, 평일에는 250Kbps 이하로 떨어지기도 하였지만 대체로 300Kbps 이상을 나타내었다. 응답시간이나 지터, 패킷간 도착시간 간격 등에 대해서는 휴일이 평일보다 훨씬 좋은 결과를 보여주었다. FFT 환경에서는 속도는 8Mbps 정도였고 패킷간 도착시간 간격이나 지터는 일정하게 유지되고 있었지만, 응답시간은 비교적 길게 나타나고 있었다.

케이블 모뎀이나 ADSL 모뎀을 제공하는 사업자측에서 최고 8Mbps의 속도를 예기하고 있지만, 이 속도는 여러 가입자가 공동으로 사용하는 것이기 때문에 실제 성능은 300 800Kbps 정도로 나타났다. 또 본 논문의 성능 분석용 프로그램은 최대 전송 속도를 위해 부가적인 작업이 없는 프로그램이므로, 실제 VOD 서비스에서는 이보다 낮은 성능을 보여줄 것으로 생각된다. Mpeg-1의 속도기 1.5Mbps인 것을 감안하면, 아직까지 VOD 서비스는 제공받기 어려울 것으로 예상된다. 하지만 프레임 수가 적거나 해상도가 낮은 VOD 서비스나 간단한 화상회의 등의 서비스는 가능할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 황 민태, 전 영애, *맥내 통신망 기술 개론*, 한국전자통신연구원, 1994,
- [2] 조 영섭, 이 진호, *멀티미디어로 가는 길*, 최충당, 1997
- [3] Cable-modems.org, "Cable Modem Tutorial," <http://www.cablemodems.org/tutorial>, Cablemodems.org, 2000
- [4] 두루넷, "두루넷 서비스 FAQ", [http://www.thrunet.com/service/faq/tr\\_faq.html](http://www.thrunet.com/service/faq/tr_faq.html), 두루넷, 2000
- [5] 하니로통신, "사이비 고객센터 FAQ", [http://cyber-helper.hanynet.net/helper\\_new](http://cyber-helper.hanynet.net/helper_new), 하니로통신, 2000
- [6] 드림라인, "드림라인 사이비 고객센터-속도/장애 관련 안내", <http://www.dreamline.co.kr/customer/faq.asp>, 드림라인, 2000
- [7] 한국통신, "ADSL의 이해", <http://adsl.sarang.net/whatus/main.html>, 한국통신, 2000



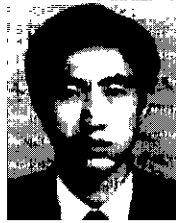
- [8] 한국통신, "사이버 고객센터 상품정보 - Megapass ADSL-Premium", [http://www.kt.co.kr/cyber/commerce\\_information/hut\\_commerce\\_main.html](http://www.kt.co.kr/cyber/commerce_information/hut_commerce_main.html), 한국통신, 2000
- [9] 이병기, 강민호, 이종희, *광대역 정보통신*, 교학사, 1999
- [10] Scott Petrack: "Internet Draft-Compression of Headers in RTP Streams," <http://wwwcs.cern.ch/wwwcs/public/ftp/pub/internet/drafts/draftpetrack-crtp-00.txt>, 01/13/96
- [11] R. Braden, L. Zhang, D.Estrin, S. Herzog, and S. Jamin. "Resource Reservation Protocol(RSVP)-Version 1 Functional Specification"[draft-ietf-rsvp-spec07.txt]. July 7, 1995
- [12] H Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick. and V. Jacobson: "RFC 1889-RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," <http://www.cis.ohio-state.edu/html/rfc/rfc1889.html>, 1996
- [13] Guojun Lu, *Communication and computing for distributed multimedia systems*, Artech House, 1996.



### 김연숙

e-mail : yskim@pusan.ac.kr  
 1991년 한국과학기술대학 전산학과 졸업(학사)  
 1994년 부산대학교 대학원 컴퓨터 공학과(공학석사)  
 1994년 부산대학교 대학원 컴퓨터 공학과 박사과정

2000년 포디움네트(주) RG 개발팀장  
 관심분야 : 홈 네트워크, 고속 통신 프로토콜



### 김길용

e-mail : gykim@pusan.ac.kr  
 1981년 서울대학교 수학교육과 졸업(학사)  
 1983년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)  
 1988년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

1983년~1986년 금성반도체(주) 연구원  
 1994년~1995년 Univ. of Southern California (USC) 객원교수  
 1988년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 정교수  
 관심분야 : 실시간 시스템, 분산 시스템, 멀티미디어 시스템



### 이정태

e-mail : jtlee@pusan.ac.kr  
 1976년 부산대학교 공과대학 전자공학과(학사)  
 1983년 서울대학교 공과대학 컴퓨터공학과(공학석사)  
 1989년 서울대학교 공과대학 컴퓨터공학과(공학박사)

1977년~1977년 한국과학기술원 연구원  
 1977년~1985년 한국전자통신연구소 선임연구원  
 1985년~1988년 동아대학교 공과대학 조교수  
 1992년~1993년 일본 NTT 연구소 초빙연구원  
 1988년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수  
 관심분야 : 고속 드렌스포트 프로토콜, 인터넷 서비스, 개인이동통신, VoIP.