

P2P 중계방식을 이용한 멀티미디어 스트리밍 전송의 효율성 평가

오문석*, 윤용근**

*국민대학교 대학원 정보관리학과 박사과정

** 국민대학교 비즈니스IT학부

The Performance Evaluation of Multimedia Streaming Transmission Using P2P Relay Structures

Oh, Moon-Suk*, Yoon, Young K.

Dept. of MIS, Kookmin University

E-mail : ms_oh21@hanmail.net, yoon@kookmin.ac.kr

요 약

서버에 집중화될 트래픽과 부하를 사용자 네트워크 전체로 분산시킬 수 있는 방식을 멀티미디어 스트리밍에 적용하게 되면 이를 채택하지 않았을 경우와 대비하여 그 성능에 큰 편차를 보일 수 있다. 이를 채택한 경우와 그렇게 하지 않았을 경우의 성능대비를 어떻게 어떤 기준치를 가지고 할 것인가가 본 연구의 목적이라 할 수 있다. 최초의 소스를 제공하고 있는 스트리밍 서버로부터 말단에 있는 클라이언트 까지 여러 단계의 연결을 주어진 특정한 환경하에서 (1) 피라미드 계층처럼 형성하여 제시된 “실험군(P2P 방식)”과 (2) 순차적인 방식으로 연결한 그간의 방식 “비교군(유니캐스트 방식)” 간의 성능대비(Performance Evaluation)를 하기 위해서 필요한 척도(Criteria)와 준거틀(Framework)을 제시하는 것이 본 연구의 주된 내용이라 할 수 있다.

1. 서론

인터넷 대역폭이 증가하고 멀티미디어 데이터의 생산, 가공, 유통이 증가함에 따라 멀티미디어 스트리밍을 이용한 동영상 서비스의

중요성은 날로 증대되고 있다. 현재 유니캐스트 방식에 의한 멀티미디어 스트리밍의 전송방식은 서버에 집중되는 부하 때문에 동시접속자 수를 크게 제한하고 있다고 할 수 있다. 본 연구는 P2P방식에 의한 재전송 알고리즘을 이용해

하드웨어를 사용하지 않고 멀티캐스팅 할 수 있도록 하는 재전송 방식을 제시하고 있고, 또한 P2P 재전송 방식을 이용한 멀티캐스팅의 실험군과 전통적인 유니캐스트 방식의 비교군과의 성능평가의 틀을 제시하는 데 그 목적이 있다.

실험군과 비교군은 기본적인 성능평가의 척도로 전송지연, 서버측 평균/최대 대역폭, 클라이언트 측 평균/최대 사용대역폭, 서버측 평균/최대 CPU 점유율, 클라이언트 측 평균/최대 CPU 점유율, 평균 프레임 드롭을 등에 의한 성능 평가 기준을 제시하고 있으며, 실험군과 비교군의 동일 환경 속 평가 시뮬레이션을 통해 P2P 방식에 의한 재전송방식의 성능을 유니캐스트 방식에 의한 그것과 비교하는 분석의 틀을 제시하고 있다고 할 수 있다.

2. 멀티미디어 스트림 전송 개요

멀티미디어 프리젠테이션의 내부적인 구조를 갖는 멀티미디어 스트리밍이란 Text, Image, Audid, Video, 등의 멀티미디어 콘텐츠를 인코딩 & 디코딩 과정을 거치는 인터랙티브한 전송 방식을 말한다. 구체적인 과정을 살펴보면, 네트워크를 통해 전송된 정보는 하나 이상의 멀티미디어 객체들로 구성된 단일 스트림 처럼 보이게 되는 방식으로 전송하게 된다. 즉, Stream(A)내의 같은 타입의 동일한 객체인 $A_1, A_2, \dots, A_m, A_{m+1}, \dots$ 를 구성으로 독립적인 스트림 전송 방식처럼 동기화 전송을 하는 방법으로 정의 된다[1].

$$\text{Stream}(A) := (A_1, A_2, \dots, A_m, A_{m+1}, \dots) := \psi(A_p)$$

멀티미디어 스트리밍의 내부적인 구성 요소에 대하여 살펴보면, 멀티미디어 데이터는 전송하고자 할 때, 그 데이터의 특성, 데이터 전송을 수행하는 실제적인 도구, 수신되는

데이터가 인식 가능하도록 프로세싱과 조정 사항을 고려하는 인코딩 & 디코딩 과정, 다시 말해, 일반적으로 콘텐츠의 내용을 디지털화 방식으로 코드화하고 이를 압축하여 재생하는 인코딩 & 디코딩 과정에 세계적인 표준화 활동을 통한 표준방식으로 인코딩과 디코딩 과정을 효율적으로 전송한다. 전송을 위해서는 멀티미디어 전송 기술이 필요하고, 멀티 미디어 전송 기술에 따른 대역폭이 멀티미디어 스트림 전송의 구성의 한 부분을 담당하게 된다. 외부적인 표준들을 토대로 멀티미디어 스트림 전송의 동기화를 통해 멀티미디어 스트림은 단일 스트림 전송방식과 같이 멀티미디어 정보를 전송하게 되는 것이다. 전송에 있어서의 이슈가 되는 속도이슈는 멀티미디어 스트림 전송에도 중요한 구성 요소이다. 멀티미디어 통신 시스템은 대용량의 멀티미디어 데이터를 처리하기 위한 특성상 매우 큰 크기의 다양한 버퍼를 요구하며, 버퍼에 저장된 데이터에 대한 I/O 횟수가 상당히 많은 것이 특징이다. 따라서 멀티미디어 스트리밍에 있어서 버퍼에 대한 I/O를 효율적으로 처리하며, 응용 서비스 및 미디어에 알맞은 버퍼 크기를 계산하고, 버퍼 언더플로우 (underflow)와 버퍼 오버플로우 (overflow)에 효과적으로 대처할 수 있는 유연한 버퍼 관리가 필요하다[2].

멀티미디어 데이터의 전송을 위해서는 시간적 개념이 포함된 새로운 프로토콜이 필요하게 되었으며, 현재 인터넷이나 인트라넷과 같은 IP(Internet Protocol) 네트워크 환경에서의 실시간 멀티미디어 통신에 활용되는 프로토콜로 RTSP(Real Time Streaming Protocol)가 인터넷방송 어플리케이션 프로토콜로 주목을 받고 있다. 이와 같은 맥락으로 멀티 미디어 스트리밍의 프로토콜에 대하여 인터넷이나 인트라넷에 연결된 네트워크의 많은 사용자들의 접속을 위한 스트림 분할기법과 인터넷에서의 멀티미디어

데이터의 전송은 기본적으로 서버로부터 클라이언트에 데이터를 전송하는 주문식 개념의 데이터 전송인 유니캐스트 전송방식과 더불어 스트리밍 기술의 발달로 기존의 방송의 개념인 서버로부터 데이터를 요구하는 모든 클라이언트에게 동일한 데이터를 전송하는 브로드캐스트 전송방식의 취약점이라 할 수 있는 대역폭의 병목현상을 줄이기 위한 방편으로 일대다(One-To-Many)의 전송방식 개념인 멀티캐스트 전송방식이 있다[3].

멀티미디어 스트림 전송의 근간을 이루는 IP 멀티캐스트는 IP상에서 멀티캐스트를 제공하기 위한 것으로, IP데이터그램을 멀티캐스트 그룹에 속하는 여러 호스트에게 전송하기 위한 멀티캐스트 전송방식이다.

3. PtoP 전송 연구

Peer to Peer는 우리말로는 ‘동등계층통신’이라고도 부르는데, 그 뜻에는 네트워크에 연결되어 있는 모든 컴퓨터들이 서로 대등한 동료의 입장에서 데이터나 주변장치 등을 공유할 수 있다는 의미를 가지고 있다. 다시 말해서, PtoP는 컴퓨터와 다른 디바이스 간에 서버 없이 직접적인 교환을 통해 디지털 자원을 함께 공유하는 기술로서 디지털 콘텐츠와 같은 파일 공유와 하드디스크나 CPU와 같은 리소스를 공유하며, 서버 중개의 커뮤니케이션은 물론 개인간 직접적인 커뮤니케이션도 가능하고 모든 네트워크(WAN/LAN/PAN), 인터넷, 인트라넷, 홈네트워킹을 인프라스트럭처로 가진다. 이처럼, 여기에서 말하는 PtoP란 새로운 기술이 아닌 새로운 방식으로서의 PtoP에 대한 정의를 말한다[4].

PtoP방식으로 서비스되는 대표적인 냅스터의

멀티미디어 데이터 전송 방식을 살펴보면 냅스터는 하나의 서버에 수많은 컴퓨터가 연결되어 있어 정해진 정보(냅스터의 주요 멀티미디어 전송파일인 MP3라는 확장자를 갖고 있는 파일)를 탐색하는 정보 공유 기술이다. 모든 이용자들은 이 시스템을 이용하기 위하여 먼저 사용자이름과 비밀번호를 등록하여야 한다. 냅스터 시스템에 연결된 이용자는 예컨대 가수나 곡명으로 특정 데이터를 검색하고, 내려받기를 선택함으로써 이를 내려 받을 수 있다. 이 경우 이용자는 원하는 데이터를 내려받기 하는 것뿐만 아니라 다른 이용자를 위하여 자신이 갖고 있는 음악 데이터를 제공하여야 한다.

PtoP방식의 기본적인 개념은 같지만 이와는 다른 방식으로 그누텔라 유형의 전송방식이 있다. 이 방식에서 교환되는 음악데이터는 냅스터 서버에서 직접 내려받는 것이 아니라 즉, 각 이용자들의 컴퓨터로 내려받는 중앙 집중형 PtoP와는 달리 그누텔라(Gnutella) 타입은 서버를 통한 파일교환방식이 아니라 사용자 개인이 서버이자 클라이언트로 정보가 교환된다. 즉 서버로의 접속없이 개인컴퓨터를 곧바로 연결할 수 있는 것이다. 이용자는 스스로 그누텔라에 연결된 컴퓨터의 IP정보를 연속적으로 탐색하여 그 정보를 이용자의 컴퓨터에 저장한다. 이 경우에 특정 IP주소의 컴퓨터가 공유를 허락한 파일 등의 정보는 별도의 버튼을 누르면 내려받기가 진행된다.

이처럼, PtoP전송을 통한 파일 공유서비스는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 냅스터처럼 각 사용자의 하드디스크에 저장되어 있는 파일의 목록을 중앙의 서버에서 관리하는 방법과 그누텔라(Gnutella)처럼 사용자들이 각 사용자의 컴퓨터 사이에 채널을 구축하면서 원하는 파일이 존재하는 위치를 파악하여 직접 파일공유 네트워크를 구축하는 방법이 있다. 즉, 원하는

파일이 존재하는 컴퓨터의 IP주소 인덱싱 데이터베이스가 중앙의 서버에 있느냐의 여부에 따라 구분하는 것이다. 현재 국내외에서 여러 가지 파일 공유기술이 개발되어 사용되고있고, 그 기술적인 차이도 다양하나 위와 같이 두 가지의 기본적인 분류 방식으로 분류된다[4].

PtoP 기술을 활용한 응용 애플리케이션의 개발은 PtoP의 주요 특성에 대한 이해를 바탕으로 한 서비스 도입으로 인해 급증하게 될 것이다. 이와 함께 PtoP서비스의 경쟁력은 실시간성에 기반한 커뮤니케이션 툴로서, 빠르게 기업 네트워크의 한 축을 형성하게 될 것이고, PtoP 서비스의 도입에 있어 기존 그룹웨어와의 통합 필요성이 대두 될 것이다. 이러한 잠재적인 PtoP 서비스의 근간을 이루는 PtoP의 기술적인 전송구조는 서비스를 이용하고 있는 프로그램이 서버와 클라이언트 기능을 동시에 수행하는데 그 핵심이 있다. 또한 데이터가 중간의 매개를 하는 서버를 경유하지 않고 TCP/IP네트워크상의 최단경로로 전송됨으로 해서 초고속 통신망의 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다[5].

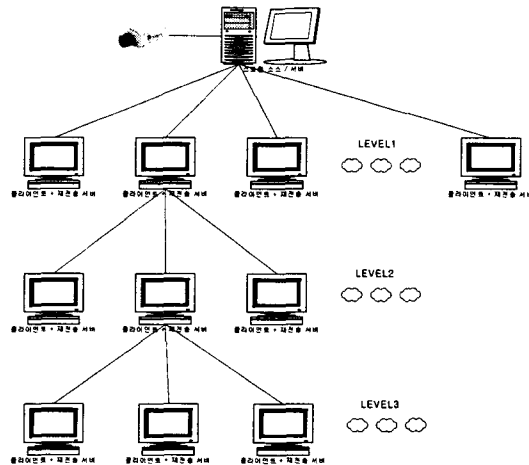
4. PtoP 중계방식 스트리밍 서비스

4.1. PtoP 중계방식 스트리밍 서비스 개념도

아래 그림은 스트리밍 서비스에 PtoP 중계방식을 적용했을 때, 논리적인 서버와 클라이언트의 연결 개념도를 나타낸다.

그림에서 서버와 LEVEL 1의 클라이언트, 또 LEVEL 1의 클라이언트와 LEVEL 2의 클라이언트는 논리적으로는 직접 연결된 것으로 표현되고 있지만, 물리적으로는 스위치나 라우터를 경유해서 연결되는 것이 일반적이다. 그러나 다음 프로토콜과 플로우차트에 의해서

설명되었지만, 클라이언트가 다른 클라이언트와 PtoP로 접속할 때는 동일한 네트워크가 가장 접속이 빠른 클라이언트로 접속하도록 구성하여 ISP 간의 망연동의 부하를 최소화 한다.



[그림 1] PtoP 중계방식 서비스 개념도

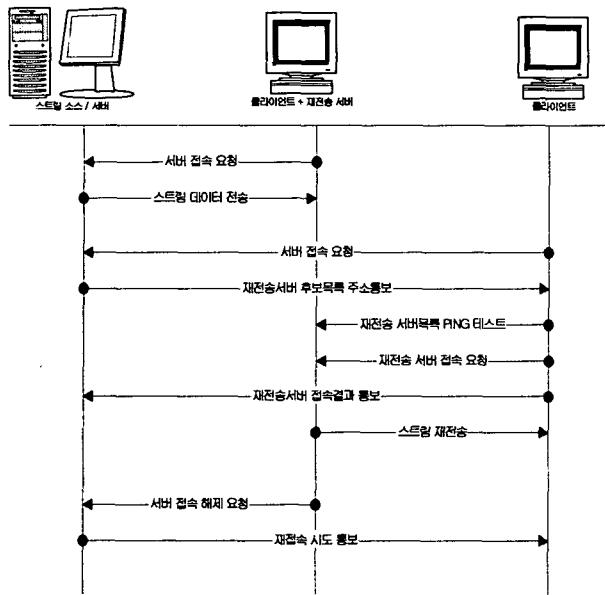
서버에 직접 접속한 LEVEL 1의 클라이언트 수가 n 개이고, 클라이언트가 허용하는 재전송 접속자수를 x 개로 설정하고, 재전송이 y 회 이루어진다면, 최대 전체 접속자 수 $p = n * (x^y)$ 로 산술적으로 계산할 수 있다. 예를 들어 $n = 10$, $x = 3$, $y = 4$ 일 경우 $p = 10 * (3^4) = 810$ 이다. 결국 10명을 소화할 수 있는 대역폭을 가진 서버로 최대 810명의 클라이언트의 접속을 처리할 수 있게 된다. 또한, 클라이언트가 서버기능을 하여 데이터를 재전송 할 때는 동일 네트워크나 동일 ISP의 클라이언트에게 접속 우선권을 할당하기 때문에 ISP 간 망 연동의 부담도 적게 된다. 이러한 방식은 ADSL 사용자 등 SOHO/가정용 솔루션에 적합하다.

그러나 LEVEL n 에서 LEVEL $(n+1)$ 로 스트리밍 데이터가 재전송되기 위해서는 일정크기만큼의 데이터가 버퍼링 되어야 하는데,

그 버퍼링하는 데이터의 크기만큼의 전송 지연이 발생하게 된다. 따라서 정밀한 촌각을 다루는 리얼타임 서비스에는 적합하지 않을 수 있다.

4.2 PtoP 중계방식 서비스 프로토콜 설계

앞에서 설명한 연결 개념도처럼 연결이 되기 위해서 서버와 클라이언트 그리고 중간에 재전송이 가능한 클라이언트와 서버역할을 동시에 하고 있는 클라이언트끼리 어떻게 접속을 맺고 스트리밍 데이터를 전송하고 서비스가 종료될 때, 어떻게 처리해야 할 지를 살펴보도록 하겠다.

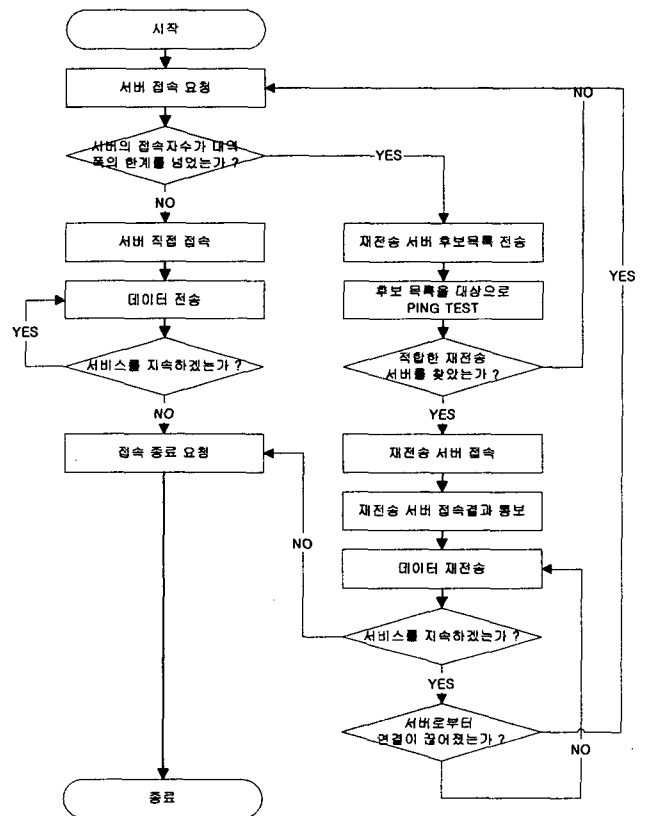


[그림 2] PtoP 중계방식 프로토콜 설계

최초에 클라이언트가 서버에 접속을 요청하면, 서버측에서는 최대 접속자수를 넘지 않으면 클라이언트의 직접 접속을 허락하고 스트림을 전송한다. 만약 최대접속자수를 초과하면 서버에서 재전송서버의 후보의 목록과 주소를 클라이언트에 통보한다. 이 목록을 가지고

클라이언트에서는 다른 재전송 서버를 PING 해보고 속도를 측정한다. 그 결과 중에 가장 PING 시간이 적게 나온 재전송 서버를 선택해서 재전송 서버에 접속하고 그 결과를 메인 서버에 통보하면, 메인 서버는 전체 클라이언트의 접속 상황과 접속 단계를 알 수 있게 되며, 이 트리를 바탕으로 재전송 서버목록을 계산할 수 있게 된다.

클라이언트가 접속이 해제되면 해제 요청을 하게 되고, 그 클라이언트가 재전송을 하고 있었다면, 재전송 받고 있던 클라이언트들에게 재접속 시도를 통보하게 되고, 그 과정의 위의 과정을 되풀이 하게 된다. 이 과정을 순서도로 표현하면 다음과 같다.



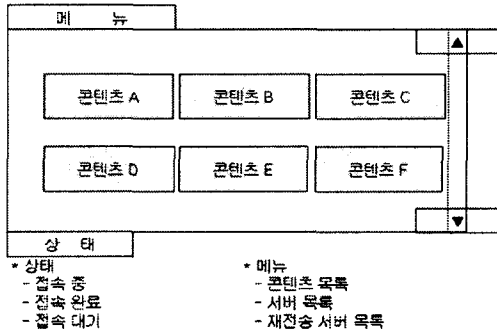
[그림 3] PtoP 중계방식 서비스 순서도

5. P2P 중계방식 전송 효율성 평가 모델

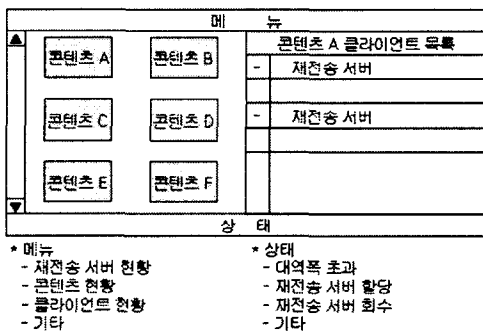
P2P 중계 방식이 적용된다 할 수 있다.

5.1 화면설계

클라이언트와 서버 목록의 화면 설계는 다음과 같다.



[그림 4] 클라이언트 화면 설계



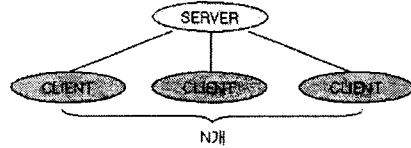
[그림 5] 서버 목록 화면 설계

5.2 기본 설계 구성도

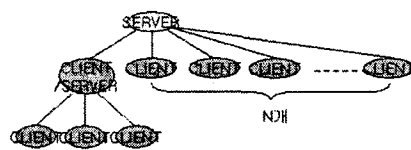
본 모형의 기본 설계 구성도는 다음과 같다. B와 N은 각각 대역폭과 최대 대역폭을 표시하고 있다. 서버의 대역폭이 최대 대역폭 보다 적은 경우와 이보다 큰 경우로 나눌 수 있고, 후자의 경우

B : Bandwidth
N : Max. Bandwidth

(1) 서버 대역폭 B가 N보다 큰 경우 : SERVER-CLIENT



(2) 서버 대역폭 B가 N보다 작거나 같은 경우 : P2P중계 방식

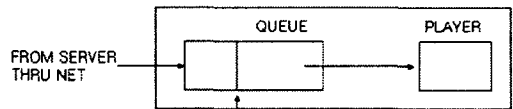


[그림 6] 구성도

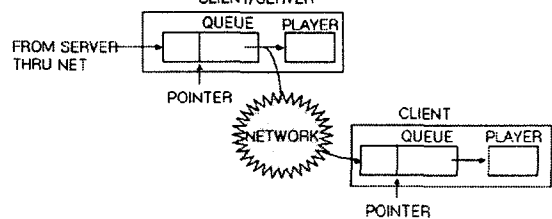
5.3 데이터 흐름 및 구조

본 모형의 데이터 구조 및 흐름도는 아래와 같다. 전자의 경우는 위 구성도의 전자의 경우와, 후자의 경우는 위 구성도의 후자의 경우와 각각 매칭된다 할 수 있다.

(1) $B > N$



(2) $B < N$



[그림 7] 데이터 구조 및 흐름도

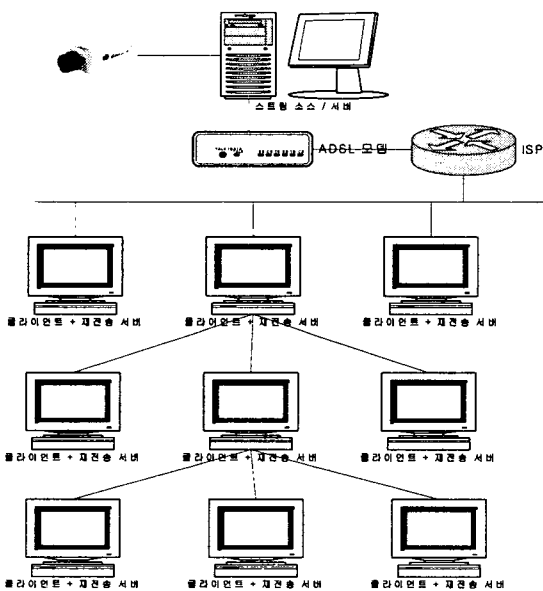
5.4 P2P중계방식 효율성 검사 환경

본 모형의 효율성 검사의 실행을 위해서는 실행을 위한 공통환경을 설정하고, 실험 대상이 되는 실험군의 모형과 비교 기준치가 되는 비교군의 기본 모형이 다음과 같이 제시된다.

1) 실행 공통환경

- CPU : Pentium 4 기종
- O/S : Microsoft Windows 계열
- 네트워크 회선 : 일반 가정용 ADSL 회선
- 스트림 소스 : 300Kbps 급, 500Kbps급, 1Mbps급 3분 이상의 음성포함 동영상
- 마스터 서버 1대/클라이언트 9대

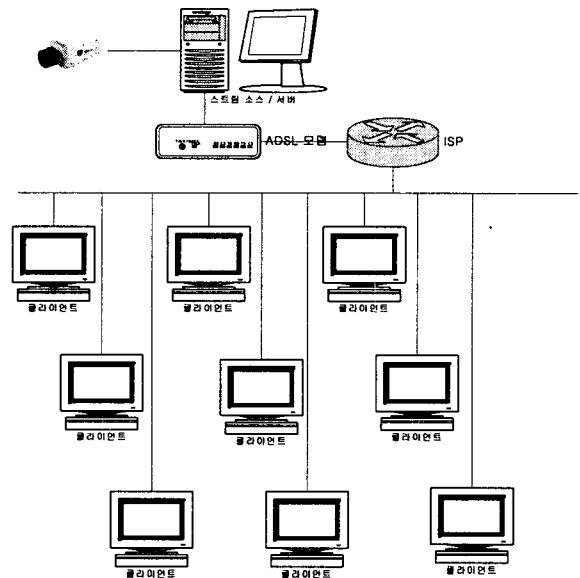
2) 실험군 환경 (P2P 재전송 기술이용)



[그림 8] 실험군(P2P) 모형도

클라이언트는 동일한 네트워크상에 비슷한 사양의 컴퓨터를 이용하여 배치하고 서버는 원격지 혹은 원격지와 동일한 환경에 배치한다

3) 비교군 환경 (유니캐스트 환경)



[그림 9] 비교군(유니캐스트) 모형도

실험군 환경과 동일하게 클라이언트는 동일한 네트워크상에 비슷한 사양의 컴퓨터를 이용하여 배치하고 서버는 원격지 혹은 원격지와 동일한 환경에 배치한다. 다만 P2P 재전송 기술은 사용하지 않고, 유니캐스트 방식으로 서버와 클라이언트 접속을 이룬다.

5.5. 테스트 기준 설정

유사한 환경에서 실험군과 비교군의 네트워크 연결과 전송기술을 달리하고, 스트림 소스를

가변하면서 다음과 같은 항목을 측정하여 실험군과 비교군의 성능을 정량화한다.

스트림 소스	300Kbps급 /500Kbps급 /1Mbps급
전송지연	
서버측 평균 사용대역폭	
서버측 최대 사용대역폭	
클라이언트측 평균 사용대역폭	
클라이언트측 최대 사용대역폭	
서버측 평균 CPU점유율	
서버측 최대 CPU점유율	
클라이언트측 평균 CPU점유율	
클라이언트측 최대 CPU점유율	
평균 프레임 드롭율	
프레임 드롭율 5%이내의 최대 접속자수	
프레임 드롭율 10%이내의 최대 접속자수	

6. 요약

본 연구는 서버에 집중화될 트래픽과 부하를 사용자 네트워크 전체로 분산시킬 수 있는 방식을 멀티미디어 스트리밍에 적용하게 되면 이를 채택하지 않았을 경우와 대비하여 성능에 큰 편차를 보일 수 있다는 것을 실험군 모형과 비교군의 모형을 대비해 평가할 수 있는 준거들을 제시하고 있다. 다시 말하면 이를 채택한 경우와 그렇게 하지 않았을 경우의 성능대비를 어떻게 어떤 기준치를 가지고 할 것인가가 본 연구의 목적이라 할 수 있다.

실험군과 비교군은 기본적인 성능평가의 척도로

전송지연, 서버측 평균/최대 대역폭, 클라이언트 측 평균/최대 사용대역폭, 서버측 평균/최대 CPU 점유율, 클라이언트 측 평균/최대 CPU 점유율, 평균 프레임 드롭율 등에 의한 성능 평가 기준을 제시하고 있으며, 실험군과 비교군의 동일 환경 속 평가 시뮬레이션을 통해 P2P 방식에 의한 재전송방식의 성능을 유니캐스트 방식에 의한 그것과 비교하는 분석의 틀을 제시하고 있다.

[참고문헌]

- [1] Data and Computer Communications, Fourth Edition, William Stallings, 2003
- [2] 멀티미디어 통신 환경에서 Push/Pull 버퍼 관리 기법, 정찬균, 이승용, 2002
- [3] 멀티미디어 공학, 김현기, 정광민, 기전연구소, 2002
- [4] Peer-toPeer File Sharing and Copyright Infringement, 한효질, 2001
- [5] Next Generation Peer-to-Peer, 펜타시스템테크놀로지(주), 고등기술연구소 최현우 연구원, 2002