

멀티미디어 데이터 통신의 신뢰성 보장을 위한 서비스 제공자 중심의 멀티캐스트 미들웨어 설계 및 구현

A Design and Implementation of Service Provider Initiated Multicast Middleware for Reliable Multimedia Data Communication

김 문 화* 황 준**
Mun-Hwa Kim Jun Hwang

요 약

기존의 멀티캐스트 프로토콜은 서비스 수신자가 주체가 되어 그룹에 가입/탈퇴하는 방법을 사용하고 있어 서비스 제공자가 그룹 멤버에 대해 데이터전송의 신뢰성을 관리하기 힘든 구조로 되어 있다. 본 논문은 교육 시스템과 같이 서비스제공자(서버) 중심의 멀티미디어 데이터 통신이 이루어지는 시스템을 위해서 서비스 제공자 중심의 그룹 관리와 통신의 신뢰성을 제공하는 멀티캐스트 미들웨어를 설계 구현한다. 개발된 미들웨어는 다수의 멀티캐스트 그룹에 대해 그룹멤버의 상태정보를 관리하는 그룹관리기, 신뢰성을 보장하는 NAK기반의 통신프로토콜에 의한 송수신기로 구성되어 있다. 이를 이용해 22Khz 음성데이터와 1024*768 24bit color image 데이터를 동시에 30대의 pc에 송신한 결과 음성은 동시에 2명의 음성이 전원에게 손실없이 전송되고 image는 0.004%정도의 낮은 재전송율로 초당 2장의 image가 전송된다.

Abstract

The IP multicasting service system based on IGMP(Internet Group Management Protocol) is the receiver initiated multicasting system that all receivers must join to and leave from the server of multicasting service. The IGMP is less effective and reliable to apply the education system that all computers of students are synchronized a teacher's computer. A proposed middle-ware in this paper provides the reliable data transferring and the server initiated multicasting system that client as student's PC is controlled by a multicasting server as teacher's PC. This middle-ware is consisted with two major component. The one is the group manager that handle the status informations of members in each group. Another is the reliable sender/receiver that has the transmission protocol based on NAK message and flow control. As the results of the tests that 22Khz digital voice data and 1024x768 24bit color image data were tested for 30 PCs connected with 100baseT, the voice data was completely without error transferred and the image data was successfully transferred with 0.004% retransmit rate under 2 frames/sec load.

1. 서 론

기존의 IGMP(Internet Group Management Protocol)를 이용한 IP 멀티캐스트는 서비스 수신자가 주체가 되어 서비스 받고자하는 멀티캐스트 그룹에 가입 또는 탈퇴하는 수신자 중심의 멀티캐스트(Receiver-Initiated Multicast) 방식이다[1]. 이 방식은 교육 시스템과 같이 서비스 제공자 또는 서버

가 능동적으로 수신자들을 정하여 정보를 강제로 제공(push service)해야 하는 경우 서비스 수신자에 대한 정보가 없기 때문에 서비스의 종류 변경이나 선택적 서비스 제공이 어렵다. 서비스 수신자에게 선택적으로 차별화 된 서비스를 제공하기 위해서는 그룹을 서비스 제공자가 관리해야 효율적이다[1].

기존의 멀티캐스트는 전송 계층으로 UDP를 사용하고 있기 때문에 데이터의 신뢰성을 보장하지 못한다. 만약 신뢰성 보장을 위해서 TCP와 같이 ACK를 기반으로 재전송 기법을 사용한다면, 송신자에게 ACK가 집중되어 송신자에게 과부하가

* 종신회원 : 고려대학 정보통신기술연구소 교수
munhwa@korea.ac.kr

** 종신회원 : 서울여자대학 정보통신공학부 교수
hjun@swu.ac.kr

발생되는 현상(Acknowledgement Implosion)이 발생하여 심각한 성능 저하가 발생할 것이다. 따라서, ACK기반의 재전송 기법보다는 효율적인 신뢰성 기법이 필요하다[2,3].

이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 서비스 제공자 중심의 멀티캐스트 그룹 관리를 제공하는 멀티캐스트 미들웨어를 제안한다. 아울러 제안된 그룹 관리 시스템은 그룹 멤버 중 특정 노드가 서비스 수신 중 시스템 오류로 시스템이 재시작 되었을 경우에 그룹 멤버로서 자동 등록되어 서비스 수신이 계속 되는 자동 복구 기능을 고려하고 있다. 그리고 제안된 멀티캐스트 미들웨어는 신뢰성 있는 멀티미디어 데이터 송신을 위해서 수신 측에서 데이터의 손실을 판단하고 이를 복구하여 신뢰성 있는 멀티미디어 데이터가 전송되는 기법과 대용량의 데이터 전송을 효율적으로 수행하기 위한 버퍼관리도 고려하고 있다.

본 논문은 다음과 같이 이루어져 있다. 2절에서는 송신자 중심의 그룹 관리와 멤버 예외 처리에 관해, 3절에서는 멀티캐스트 데이터 통신의 신뢰성 보장을 위한 통신 프로토콜과 대용량의 멀티캐스트 데이터 전송을 위한 송수신 버퍼 관리에 관해서 설명한다. 4절에서는 실제 구현된 환경과 구현된 미들웨어의 성능을 실험 분석하고, 5절에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 서비스 제공자 중심의 그룹 관리

컴퓨터 실습실과 같은 환경에서 교사가 다수의 학생을 상대로 PC를 이용해 교육자의 음성과 PC 화면을 피교육자의 전체 혹은 일부에게 동시에 전송하는 교육시스템은 교육의 효과를 증진시킨다. 이러한 시스템에서는 교육자와 교육생간의 화면/음성, 관리/제어를 위한 데이터 송수신시에는 교육자가 특정 수신자 집단을 선택하여 데이터를 강제로 송신하여야 한다. 즉, 서비스 제공자 중심의 그룹 관리가 필요하다. 그리고 피교육자의 PC가 오류로 인하여 시스템 장애가 발생되어 재시

작하게 되는 경우 교육생의 PC는 지속적인 교육을 받을 수 있도록 되어야 한다. 이를 위해서는 교육생의 PC가 시스템 시작과 동시에 기 가입되어 서비스 받고 있던 그룹에 자동으로 가입되도록 관리해주는 멤버 예외 처리가 필요하다.

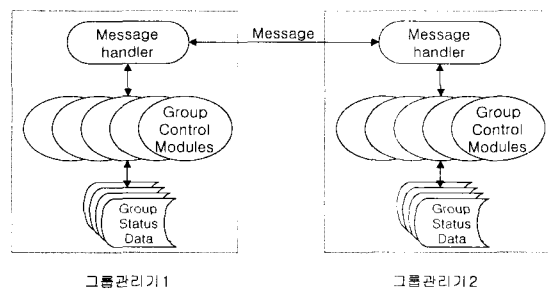
이러한 요구를 충족시키기 위해서 본 절에서는 서비스제공자 중심의 그룹 관리 기법을 제시한다. 제시된 그룹 관리 시스템에서 그룹을 생성하는 주체가 되는 호스트를 그룹생성자라 칭하고, 그룹 생성자에 의해 생성된 그룹의 멤버가 되는 호스트를 멤버라 칭하도록 한다.

2.1 그룹 관리기의 구성

그룹 관리는 그림 1과 같이 그룹 생성자에서 멀티캐스트 그룹 관리에 관한 모든 정보를 관리하는 체계로 구성되어 있다. 송신자 중심의 멀티캐스트 그룹 관리는 그룹 생성/수정/소멸을 위한 부분과 멤버 예외 처리를 위한 부분으로 구성되어 있다. 이를 위해 미들웨어간의 정보교환을 위한 메시지 송수신기, 그룹의 멤버와 그 상태에 관한 정보를 저장하고 있는 그룹상태정보 그리고 관리에 필요한 제어기능을 수행하는 create, modify, join, leave, IsMember 등의 그룹제어모듈들로 구성되어 있다.

메시지 송수신기는 여러 호스트에 설치된 미들웨어간의 정보교환에 필요한 메시지를 전송하고 해석하는 기능을 수행한다. 정의된 메시지와 그 기능은 표 1과 같다.

그룹상태정보는 각 그룹별로 그룹생성자의 IP



(그림 1) 그룹관리기의 구성

(표 1) 미들웨어간의 상태 동기화를 위한 메시지 정의

메시지	매개변수	의 미
Join	멤버 IP, 그룹 ID	지정된 IP의 호스트에게 지정된 그룹에 가입을 지시
Leave	멤버 IP, 그룹 ID	지정된 IP의 호스트에게 지정된 그룹에서 탈퇴를 지시
QueryMember	멤버 IP	지정된 IP가 어떤 그룹에 멤버로 등록되어 있는지 질의
Success	멤버 IP, 그룹 ID	지정된 IP의 호스트가 지정된 그룹 가입/탈퇴 성공
Fail	멤버 IP, 그룹 ID	지정된 IP의 호스트가 지정된 그룹 가입/탈퇴 실패
QueryGroup	그룹 ID	지정된 그룹을 생성한 호스트에 대한 질의
Owner	멤버 IP, 그룹 ID	그룹을 생성한 호스트가 있음.

주소, 소속된 멤버들의 IP 주소와 각 멤버들의 현재 상태를 표시한다. 멤버들의 상태는 Join_Success, Join_Fail, Disconnect로 표시된다.

2.2 그룹 생성(Make multicast group)

그룹의 생성은 지정된 그룹 ID를 부여하고 그림 2와 같이 그룹이 생성가능한 지를 파악하여 그룹을 생성한다. 이를 위해 먼저 그룹의 정당성을 확인한다. 그룹의 정당성 확인은 해당 그룹이 이미 자신을 포함한 다른 호스트를 그룹생성자로 하여 만들어지지 않았는가를 확인하는 절차를 말한다.

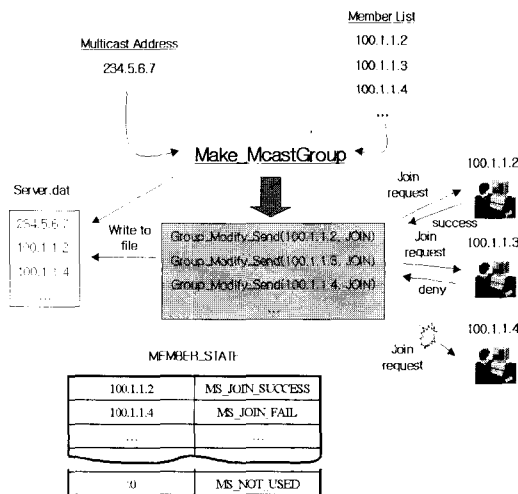
이를 위해 그룹생성자는 네트워크내의 모든 호스트에게 Query_Group 메시지를 전달한다. 모든 호

스트의 Message handler는 Query_Group 메시지를 수신하면 그룹상태정보에 해당 ID의 그룹이 있는 지를 검색하여 있으면 Owner 메시지를 전송한다. 질의한 그룹생성자의 message handler는 제한시간 내에 수신된 Owner 메시지가 없으면 해당 그룹을 생성하고 이 그룹에 각 멤버들을 가입시킨다.

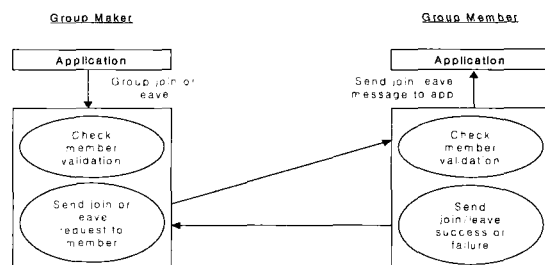
2.3 그룹의 수정

그룹 수정은 그림 3의 절차로 이미 생성되어진 그룹 내에서 하나의 멤버를 가입 또는 탈퇴하는 것을 말한다. 이 작업은 해당 그룹의 그룹생성자만 가능하다.

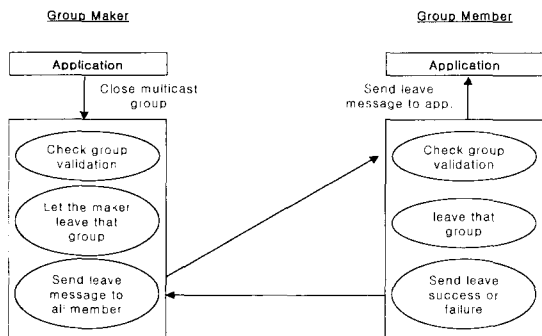
멤버가입은 그룹생성자가 멤버에게 Join 메시지를 전송하고 멤버로부터 응답이 오기를 기다려 응답에 따라 멤버의 상태를 Join_Success, Join_Fail로 설정한다. 응답이 없으면 멤버의 상태를 Disconnect로 한다. 멤버의 message handler는 Join 메시지를 받으면 그룹에 가입하고 그룹에 대한 수신기를 생성한다. 이 과정이 성공적으로 수행되면 Success



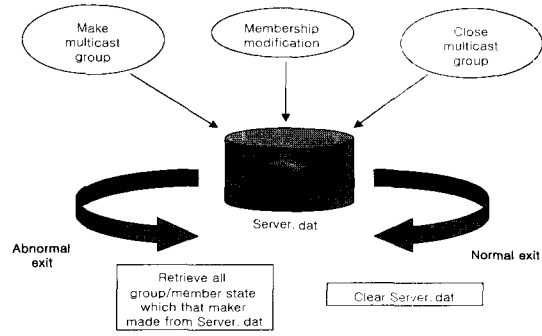
(그림 2) 그룹 생성 체계



(그림 3) 그룹 가입/탈퇴 절차



(그림 4) 그룹소멸 절차



(그림 5) 멤버 예외처리

메시지를, 오류가 발생되면 Fail 메시지를 전송한다. 멤버탈퇴는 그룹생성자가 멤버에게 Leave 메시지를 전송하고 멤버가 Success 메시지를 보내면 멤버 리스트에서 해당 멤버를 제거한다. 멤버는 그룹의 수신기를 제거하고 그룹에서 탈퇴한 후 Success 메시지를 전송한다.

2.4 그룹 소멸(Close multicast group)

그룹 소멸은 그림 4와 같이 존재하고 있는 그룹의 모든 멤버를 탈퇴(leave)시키고 그룹생성자 자신도 탈퇴하는 것을 말한다. 그룹소멸을 위해서는 그룹생성자와 멤버 모두에 대한 정당성(validation)을 확인한다. 이 정당성 확인 절차는 해당 그룹의 그룹생성자에 의해 그룹소멸이 호출이 되었는가? 그리고 그 그룹의 모든 멤버들이 실제 해당 그룹의 정당한 멤버인가를 확인하는 것이다. 이 정당성 확인 절차 후 그룹생성자는 자신을 그룹에서 탈퇴시키고 그룹 수정 동작의 탈퇴 연산을 그룹 내의 모든 멤버에 대해 반복한다. 모든 멤버가 정상적으로 탈퇴되었으면 해당그룹의 그룹상태정보를 제거함으로써 그룹소멸이 완성된다.

2.5 멤버 예외 처리

멤버예외처리는 어떤 호스트가 비정상적인 상태에서 강제로 미들웨어가 종료되어 시스템 재 시작시 그룹의 연결상태를 원상으로 복구시키

는 것을 의미한다. 어떤 호스트에서 미들웨어의 초기화가 실행될 때 미들웨어는 항상 자신이 멤버였던 그룹을 확인하는 메시지를 broadcasting 방식으로 네트워크 내 모든 호스트들에게 전송한다. 이 메시지를 수신 받은 그룹생성자들은 자신이 만든 그룹의 멤버리스트를 확인하여, 요구한 호스트의 IP가 존재하면 그 호스트에게 그룹 가입 요청 메시지를 송신한다. 만약, 자신이 특정 그룹의 멤버였는가를 질의하는 메시지에 대해서 제한시간이 지나도 아무런 응답이 없다면 그 멤버는 정상적으로 종료된 것으로 간주한다.

그리고 자신이 그룹생성자이었던 경우 그림 5와 같이 자기가 생성한 그룹이 있는 지를 확인하여 해당 그룹을 복원시키는 작업을 수행하게된다. 이를 위해 앞에서 정의된 그룹상태정보는 'server.dat'라는 파일로 보관된다. 미들웨어가 모든 그룹을 소멸시키고 정상적으로 종료되었다면 'server.dat'는 비어있는 상태로 존재하고 비정상적인 종료가 이루어진 경우 그 당시의 멤버정보가 남아 있으므로 그룹의 연결 복원이 가능하다.

3. 데이터 통신의 신뢰성 보장

멀티미디어 데이터의 가장 큰 특징 중 하나는 대용량성에 있다. 그러나 기존의 멀티캐스트 프로토콜의 전송 계층인 UDP는 최대 전송 크기가 64KB이므로 멀티캐스팅 미들웨어에서는 이를 64KB이하 크기의 패킷으로 분할하여 전송하여야 한다[4].

(표 2) 데이터 패킷의 구조

Field	Offset	Length	Meaning	비고
Sender	0	4	보낸 호스트의 IP 주소	Sender 구분
ID	4	2	패킷의 고유번호	10~65535
NPackets	6	2	전체패킷 수	
PacketSerial	8	2	전송패킷의 순서	
DataLen	10	4	전체데이터의 크기	
PacketLen	14	2	패킷내 데이터의 크기	최대 65519
Data	16	PacketLen	전송 데이터	

그리고 분할된 패킷의 전송에 오류가 날 경우 이를 다시 재 전송하여 멀티미디어 데이터 전송의 신뢰성을 보장하기 위해 미들웨어에서는 내부버퍼에 전체데이터를 저장하고 있다가 모든 패킷이 완전히 전송된 후 버퍼를 비운다.

본 절에서는 미들웨어에서 사용한 대용량 멀티미디어 데이터를 신뢰성 높게 전송하기 위한 방법을 설명한다.

3.1 패킷의 구조

전송해야 할 대용량 데이터는 적당한 크기의 전송할 데이터와 분할된 데이터의 전송이 정확히 이루어졌는지를 판단하기 위한 정보가 추가된 여러 개의 패킷으로 분할되어 순차적으로 전송된다. 표 2는 데이터 패킷의 구조를 요약한 것이며 패킷 헤더의 각 항목에 대한 설명은 아래와 같다.

(1) Sender

그룹내 여러명의 송신자가 데이터를 전송할 경우 이를 구분하기 위해 필요하다. 예로 다자간 동시통화를 구현하기 위한 음성 데이터의 송수신시 한 명에게 여러 명의 음성데이터가 수신되고 이를 각기 다른 버퍼에 수신하기 위해서 필요하다.

(2) ID

패킷구분자로 ID값이 10~65535 까지는 데이터 패킷을 의미하며 그 값은 동일한 데이터를 의미

(표 3) 제어명령 패킷

ID	Meaning	Parameter	Description
0	NAK	Packet serial	Packet serial의 패킷이 오지 않았음
1	EOD		데이터의 끝
2~9	not used		

하는 고유번호가 된다. 이 값은 다른 대용량의 데이터로부터 분할된 일련의 패킷과 구별하기 위해 랜덤 또는 순차적으로 생성된다. 이 식별자는 연속해서 다른 대용량의 데이터를 구성하는 분할 패킷이 들어왔을 경우 구별하기 위해서 필요하다.

ID값이 0~9인 경우 송수신 제어를 위한 명령 패킷을 의미하며 명령에 따라 파라미터의 해석이 달라진다. ID 값에 따른 제어명령은 표 3과 같다.

(3) NPackets

대용량 데이터를 분할하여 만들어진 전체 패킷의 수.

(4) Packet Serial

분할된 각 패킷에 순서를 부여. 이 숫자에 의해 수신하는 미들웨어에서는 망실된 패킷이 존재하는지를 판단하며 수신측 버퍼에 수신된 패킷의 데이터를 저장할 위치를 계산하는 기준으로 사용한다.

(5) Data Length

전송할 전체 데이터의 크기

(6) Packet Length

패킷의 포함된 데이터의 크기

3.2 신뢰성 보장을 위한 패킷 전송 프로토콜

멀티캐스트의 경우 TCP에서 사용하는 ACK 기반의 오류복구(error recovery)를 사용할 경우 송신자에게 응답폭주현상이 발생한다. 이를 해결하기 위해, Hybrid ARQ나 Reed Solomon Encoding을 사용한 FEC를 사용할 수 있으나, 이 모두, 부호화를 위한 블록의 단위가 8bit일 경우 최적을 이루게 되며, 이런 최적에 맞추기 위해 미들웨어에서 부호화과정이 필요하다. 이를 사용하면 잦은 전송호출로 인해 오버헤드를 발생시켜 전송률이 저하되는 현상이 나타난다[5]. 이러한 문제를 해결하기 위해 SRM(Scalable Reliable Multicast)[6]을 응용한 오류복구를 사용한다.

신뢰성이 요구되어지는 데이터는 분할된 패킷의 헤더에 패킷 일련 번호를 부여해서 전송한다. 수신 측에서는 매 패킷 수신시마다 일련 번호(Packet serial)를 확인하여 직전에 수신된 패킷의 일련번호와 2 이상 차이가 발생하여 수신된 경우

는 패킷 손실이 발생된 것으로 간주하고, 재전송 패킷(NAK)을 송신자에게 전송한다. 그리고, 마지막 패킷의 손실을 판단하는 도구로 사용하기 위해 데이터의 끝을 알리는 패킷(EOD)을 추가한다. 재전송 요청은 해당 데이터 수신에 사용된 멀티캐스트 그룹에게 멀티캐스팅 되어지는데 해당 그룹의 그룹생성자만이 재전송 요청을 처리하여 해당 패킷을 재 전송한다. 역시, 이 재전송도 해당 멀티캐스트 주소를 수신자로 하여 송신된다. 다른 수신자나 송신자의 경우 타이머 만료 전에 재전송 패킷을 수신 받게 되면 자신에게 수신되어진 재전송 요청 처리를 중단하게 된다.

4. 구현 및 실험

개발된 멀티캐스트 프로토콜의 전송성능과 신뢰성을 실험하기 위하여 30대의 호스트가 Fast Ethernet으로 연결된 LAN 환경과 Microsoft사의 Windows 2000 professional 환경에서 Visual C++ 6.0으로 개발해 화상, 음성 데이터의 송수신에 대해서 실험했다. 실험에 사용된 호스트 PC의 사양은 pentium III 400Mhz, 128MB memory이며, 음성

(표 4) 60초간 전송결과

구분	전 송 패킷수	재전송 패킷수	재전송 비 율	전송속도 (Mbps)	수 신 패킷수	손 실 패킷수	손실율
1명음성전송시	3000	0	0.000%	0.343	87,000	0	0.0000%
2명음성전송시	6000	0	0.000%	0.687	174,000	0	0.0000%
3명음성전송시	9000	1	0.011%	1.030	261,000	3	0.0011%
4명음성전송시	12000	1	0.008%	1.373	348,000	9	0.0026%
5명음성전송시	15000	4	0.027%	1.717	435,000	22	0.0051%
6명음성전송시	18000	4	0.022%	2.061	522,000	21	0.0040%
7명음성전송시	21000	7	0.033%	2.404	609,000	31	0.0051%
8명음성전송시	24000	8	0.033%	2.747	696,000	40	0.0057%
9명음성전송시	27000	11	0.041%	3.091	783,000	43	0.0055%
10명음성전송시	30000	14	0.047%	3.434	870,000	59	0.0068%
화면전송 1frame/sec	138240	4	0.003%	18.282	4008960	15	0.0004%
화면전송 2frame/sec	276480	21	0.008%	36.565	8017920	69	0.0009%
화면전송 3frame/sec	414720	48	0.012%	54.847	12026880	238	0.0020%

데이터는 22Khz stereo모드 PCM 형식의 디지털 음성신호와 1024×768 24bit color의 윈도우 화면 그리고 64byte이하의 제어신호들을 매 사례별 60초 동안 전송하는 실험을 실시하였다. 음성데이터는 20ms마다 1번씩 전송하여 음성패킷은 900byte 싱글패킷으로 구성되며 화면데이터는 패킷의 크기를 1040byte로 하여 1개의 화면을 총 2304개의 패킷으로 분할하여 전송하였다.

음성신호의 경우 전송자를 1명부터 10명까지 증가하면서 실험하였다. 화면송신은 1명의 화면 송신자가 압축되지 않은 화면을 초당 1프레임에서 3프레임까지 나머지 호스트에게 전송하였다. 실험 결과는 표 4와 같이 나타났다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문은 송신자가 멀티캐스트 그룹을 생성/수정/소멸할 수 있는 송신자 중심의 그룹 관리와 멀티캐스트 데이터의 신뢰성 보장을 위한 기법을 멀티캐스트 미들웨어로 구현했다. 구현된 미들웨어는 Windows 계열의 여러 운영체제 상에서 동작하며, 여러 대의 컴퓨터가 LAN으로 연결된 환경에서 교육용 소프트웨어의 미들웨어로서 응용되어 동작됨을 보였다. 현재, 이 미들웨어를 사용하여 LAN 구간 내에서의 교육자와 피교육자간의 음성, 채팅, 파일전송, 화면, 동영상 전송이 가능한 소프트웨어를 구현 중에 있다. 앞으로는 효율적인 실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위한 흐름제어(flow control)와 원거리 멀티캐스팅을 위한 미들웨어로의 확장, heterogeneous receiver/link를 위한 inter session, receiver fairness 등이 필요하다.

Acknowledgement

본 연구는 한국과학기술평가원(KISTEP)의 연구기반구축사업(과제번호: M10022020002-01G0507-00510)에 따른 연구비지원에 의해 수행되었음.

참고 문헌

- [1] S. Pingali, J. Kurose and D. Towsley "A Comparison of Sender-Initiated and Receiver-Initiated Reliable Multicast Protocols," Proceedings of 1994 ACM Sigmetrics Conf., 1994.
- [2] X. Li, S. Paul and M. H. Ammar, "Layered Video Multicast with Retransmission (LVMR): Evaluation of hierarchical rate control," Proceedings of IEEE Infocom '98, 1998.
- [3] X. Li, "Scalable and Adaptive Video Multicast over the Internet," PhD thesis, Georgia Institute of Technology, 1998.
- [4] A. Jones and J. Ohlund "Network Programming for Microsoft Windows: Clear, Practical guide to Microsoft's networking APIs," Microsoft Press 1999.
- [5] H. Liu and Magada El Zarki "Delay and Synchronization Control Middleware to Support Real-time Multimedia Services over Wireless PCS Networks," IEEE journal Communication, Volume 17, Number 9, pp. 1660~1672, 1999.
- [6] S. Floyd, V. Jacobson, C.Liu, S.McCanne, L.Zhang "A Reliable Multicast Framework for Light-weight Sessions and Application Level Framing," IEEE/ACM Transactions on Networking, Volume 5, Number 6, pp. 784~803, 1997.

● 저 자 소개 ●



김 문 화

1982년 고려대학교 산업공학과 졸업(학사)

1984년 고려대학교 대학원 산업공학과 졸업(석사)

2000년 고려대학교 대학원 산업공학과 졸업(박사)

2000년~현재 : 고려대학 정보통신기술연구소 교수

관심분야 : 가상현실, 멀티미디어 시스템, 내용기반 영상검색, 컴퓨터 비전

E-mail : munhwa@korea.ac.kr



황 준

1985년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)

1987년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)

1991년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)

1992년~현재 : 서울여자대학 정보통신공학부 교수

관심분야 : 분산처리시스템, 실시간 시스템

E-mail : hjun@swu.ac.kr