

송신자 중심의 그룹 관리와 데이터 통신의 신뢰성 보장을 위한 멀티캐스트 미들웨어 설계 및 구현⁺

변상선* 진현욱* 김문화** 유혁*

*고려대학교 컴퓨터학과 **고려대학교 부설 정보통신기술공동연구소
{ssbyun, hwjin, hxy}@os.korea.ac.kr **munhwa@korea.ac.kr

A Design and Implementation of Multicast Middleware for Sender-Initiated Group Management and Reliable Multicast

SANG-SEON BYUN^{*} HYUN-WOOK JIN^{*} MUN-HWA KIM^{**} HYUCK YOO^{*}

^{*}Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University

^{**}Research Institute for Information & Communication Technology, Korea University

요 약

기존의 멀티캐스트 프로토콜은 수신자가 주체가 되어 그룹에 가입/탈퇴하여 송신자는 그룹을 관리하기 힘든 구조로 되어 있으며, 전송 계층으로 UDP를 사용하여 신뢰성이 보장되지 않는다. 본 논문은 교육 시스템과 같이 송신자(서버) 중심의 멀티미디어 데이터 통신이 이루어지는 시스템을 위해서 송신자 중심의 그룹 관리와 통신 신뢰성을 제공하는 멀티캐스트 미들웨어를 설계 구현한다.

1. 서 론

기존의 IGMP(Internet Group Management Protocol)를 이용한 IP 멀티캐스트는 수신자가 주체가 되어 가입(join) 또는 탈퇴(leave)할 수 있다.(Receiver-Initiated Multicast). 그러나 교육 시스템과 같이 송신자(서버)가 능동적으로 수신자들을 정하여 정보를 제공(push)해야 하는 경우는 그룹을 송신자가 관리해야 효율적이다[1]. 또한 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 집중되는 Acknowledgement Implosion이 발생하여 심각한 성능 저하가 발생할 것이다. 따라서, ACK기반의 재전송 기법보다는 효율적인 신뢰성 기법이 요구되어 진다[2][3].

이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 본 논문은 송신자 중심(Sender-Initiated Multicast)의 멀티캐스트 그룹 관리를 제공하는 멀티캐스트 미들웨어를 설계한다. 아울러 설계된 그룹 관리 시스템은 그룹 멤버 중 특정 노드가 시스템 오류로 의해서 재시작 되었을 경우에도 그룹 멤버로서 자동 등록되도록 한다. 또한, 멀티캐스트 미들웨어는 신뢰성 있는 멀티미디어 데이터 송신을 위해서 수신 측에서 데이터의 손실을 판단하는 기법을 사용하고, 대용량의 데이터 전송을 위한 버퍼관리도 이루어진다.

본 논문은 다음과 같이 이루어져 있다. 2절에서는 송

신자 중심의 그룹 관리와 멤버 예외 처리에 관해, 3절에서는 멀티캐스트 데이터 통신의 신뢰성 보장과 대용량의 멀티캐스트 데이터 전송을 위한 송신 버퍼 관리에 관해서 설명한다. 4절에서는 실제 구현된 환경과 실험에 대해서 언급하고, 5절에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 송신자 중심의 그룹 관리

컴퓨터를 사용하여 교육을 할 경우, 교육자와 피교육자 간에 화면/음성, 관리/제어를 위한 데이터 송수신시에는 송신자가 특정 수신자 집단을 선택하여 송신을 해야 효율적이다. 즉, 송신자 중심의 그룹 관리가 필요하다.

이러한 요구를 충족시키기 위해서 본 절에서는 송신자 중심의 그룹 관리 기법을 제시한다. 제시된 그룹 관리 시스템에서 그룹을 생성하는 주체가 되는 호스트를 *Group Maker*라 칭하고, Group Maker에 의해 생성된 그룹의 멤버가 되는 호스트를 *Group Member*라 칭하도록 한다.

송신자 중심의 멀티캐스트 그룹 관리는 그룹 생성/수정/소멸을 위한 부분과 멤버 예외 처리를 위한 부분으로 나누어진다.

2.1 그룹 생성/수정/소멸

Group Maker의 응용프로그램이 그룹의 생성을 미들웨어에게 `Make_McastGroup()`을 사용하여 요청하면, 미들웨어는 그룹 validation, 즉, 그룹의 정당성을 확인한다. 그룹의 정당성 확인은 해당 그룹이 이미 해당 호스트를 Group Maker로 하여 만들어지지 않았는가를 확인하는

⁺ 이 연구는 고려대학교 부설 정보통신기술공동연구소가 지원함.

절차를 말한다. 정당성이 확인되면, 해당 멤버들에게 그룹 가입 요청 메시지를 전달한다(그림 1). 이 그룹 생성 동작은 Group Maker 자신을 그룹에 가입 시키고 나머지 멤버들을 대상으로 차례로 그룹 수정 동작의 그룹 가입 연산을 수행하는 것과 같다.

그룹 수정은 그림 2의 동작 순서로 이미 생성되어진 그룹 내에서 하나의 멤버를 가입 또는 탈퇴하는 것을 말한다. 이 작업은 해당 그룹의 Group Maker에서만 이루어질 수 있다.

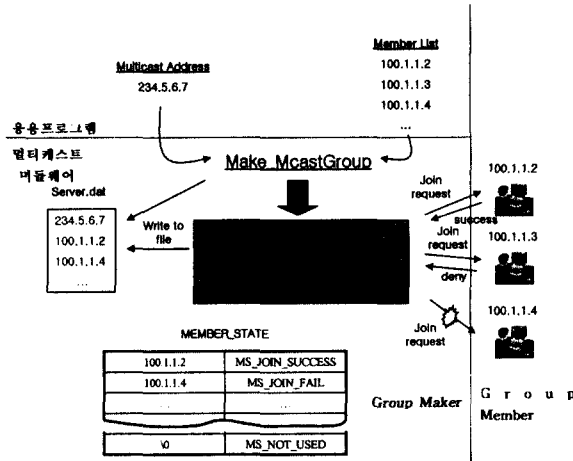


그림 1 그룹 생성 기법

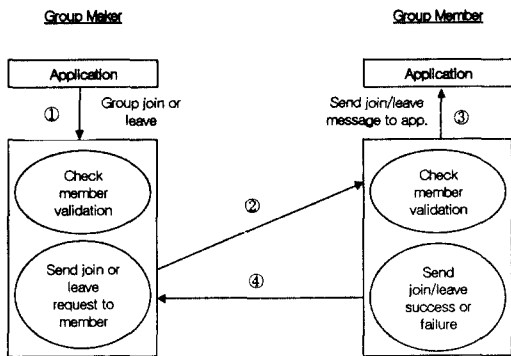


그림 2 그룹 수정 기법

그룹 소멸은 그림 3과 같이 존재하고 있는 그룹의 모든 멤버를 탈퇴(pruning)시키고 Group Maker 자신도 탈퇴하는 것을 말한다. 이는 Group Maker 자신을 그룹에서 탈퇴 시킨 후 그룹 수정 동작의 탈퇴 연산을 모든 멤버에 대해 반복하는 것이다. Group Maker와 멤버 모두 validation을 확인하는데, 이 정당성 확인 절차는 Close_Group()이 해당 그룹의 Group Maker에 의해 호출이 되었는가, 그리고, 그 그룹의 모든 멤버들이 실제 해당 그룹의 정당한 멤버인가를 확인하는 것이다. 이 정당성 확인 절차 후, 미들웨어는 응용프로그램에게 그룹으로

부터 탈퇴했다는 메시지를 전송한다.

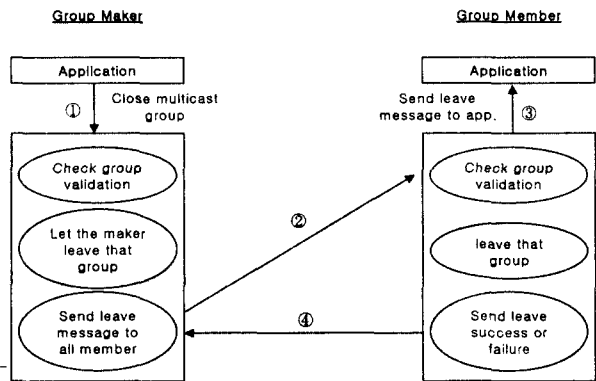


그림 3 그룹 소멸 기법

2.2 멤버 예외 처리

Group Member의 초기화가 실행될 때, 미들웨어는 항상 자신이 특정 그룹의 멤버였는가를 요구하는 메시지를 전송한다. 이 메시지를 수신 받은 Group Maker들은 자신의 MEMBER_STATE를 확인하여, 그 호스트가 자신이 만든 그룹의 멤버임이 확인되면 그 호스트에게 그룹 수정의 그룹 가입 요청 메시지를 송신한다. 만약, 자신이 특정 그룹의 멤버였는가를 질의하는 메시지에 대해서 일정 시간동안 아무런 응답이 없다면 그 멤버는 정상적으로 종료 후 시작된 것으로 간주한다.

3. 데이터 통신의 신뢰성 보장

3.1 송신 버퍼 관리

멀티미디어 데이터의 가장 큰 특징 중 하나는 대용량성에 있다고 할 수 있다. 따라서 멀티미디어 데이터의 송신을 위해서 응용 프로그램은 대용량의 데이터를 송신 요청하기 희망한다. 그러나 기존의 멀티캐스트 프로토콜의 전송 계층인 UDP는 최대 전송 크기가 64KB이므로 응용 프로그램은 그에 맞게 데이터를 분할해야 한다[4]. 본 논문에서 개발하는 미들웨어는 이와 같은 한계를 응용프로그램에게 감추기 위해 다음과 같이 송신 데이터의 버퍼를 관리한다.

응용프로그램이 대용량의 데이터 송신을 미들웨어에게 요청하면, 미들웨어는 fragmentation을 실행하고 그림 4와 같이 헤더정보를 각 fragment에 삽입한 후 전송한다. 헤더에 포함되는 정보는 다음과 같다.

(1) Identifier: 다른 대용량의 데이터로부터 fragment된 일련의 패킷과 구별하기 위해 랜덤하게 생성된다. 이 식별자는 연속해서 다른 대용량의 데이터를 구성하는 fragment가 들어왔을 경우 구별하기 위해서 필요하다.

(2) Number of Packets: fragmentation을 수행한 후 몇 개로 나누어졌는가를 나타낸다.

(3) Sequence Number: fragment되었을 경우 0부터 순서대로 다음 fragment로 진행될 때마다 1씩 증가된다. 이 sequence number를 이용하여 수신 측은 수신 버퍼의 시작 지점으로부터 (fragmentation_size * sequence_number) bytes 지점에 저장을 하게 된다.

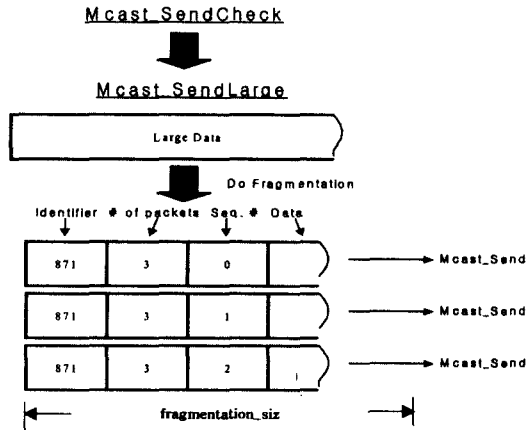


그림 4 대용량 데이터의 fragmentation

3.2 신뢰성 보장

멀티캐스트의 경우 Acknowledge implosion으로 인해, TCP에서 사용하는 ACK 기반의 error recovery를 사용할 수 없다. 이를 위해, Hybrid ARQ[5]나 Reed Solomon Encoding을 사용한 FEC를 사용할 수 있으나, 이 모두, encoding을 위한 block의 단위가 8bit일 경우 최적을 이루게 되며, 이런 최적에 맞추기 위해, 미들웨어에서 encoding을 해주게 되면 잦은 sendto호출로 인해 오버헤드가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 미들웨어는 SRM(Scalable Reliable Multicast)[6]을 응용한 error recovery를 구현하였다.

신뢰성이 요구되어지는 데이터는 헤더에 일련 번호를 부여해서 매 패킷 전송시마다 일련번호를 1씩 증가시킨다. 수신 측에서는 매 패킷 수신시마다 일련 번호를 확인하여 일련 번호차가 2 이상 차이가 발생하여 수신된 경우는 loss가 발생된 것으로 간주하고, 재전송을 요청한다. 그리고, 마지막 패킷의 손실에 대처하기 위해 송신의 끝을 알리는 패킷을 추가 한다. 재전송 요청은 해당 데이터 수신에 사용된 멀티캐스트 그룹에게 멀티캐스팅 되어지는 데 해당 그룹의 Group Maker 또는, 멤버들 중에서 이 재전송 요청을 받은 호스트는 해당 패킷을 정확하게 수신했을 경우 재전송을 수행한다. 역시, 이 재전송도 해당 멀티캐스트 주소를 수신자로 하여 송신된다. 다른 수신자나 송신자의 경우 타이머 만료전에 재전송 패킷을 수신 받게 되면 자신에게 수신되어진 재전송 요청 처리를 중단하게 된다.

4. 구현 및 실험

개발된 멀티캐스트 미들웨어는 혼 소프트웨어에서 개발된 LAN 환경에서의 교육용 프로그램, Schoolcap2를 위한 미들웨어로서 적용되었고 현재 Microsoft사의 Windows NT, 98, ME, 2000에 구현되어 있다. 실험은 약 30대 가량의 호스트가 Fast Ethernet으로 연결돼 있는 환경에서 화상, 음성, 제어 데이터의 송수신에 대해서 실험했다.

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 error control과 원거리 멀티캐스팅을 위한 미들웨어로의 확장, heterogeneous receiver/link를 위한 inter session, receiver fairness등이 필요할 것이다.

참고문헌

[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.