

고신뢰 실시간 다중 그룹통신 시스템 설계†

윤미연, 강필용, 신용태
승실대학교 컴퓨터학과
e-mail : myyoon@hpcn.ssu.ac.kr

A Design of Highly Reliable Real time Multi-group Communication Services System

Miyoun Yoon, Pilyong Kang, Yongtae Shin
Dept. of Computing, Soongsil University

요 약

다자간 그룹통신은 화상회의 등에서 매우 유용한 기술이다. 그러나, 개발의 어려움으로 인해 사용되지 못하고 있다. 현재는 예전과 달리, 그룹통신에 적용될 수 있는 많은 기술이 나왔는데 그 대표적인 것이 신뢰성을 제공하는 멀티캐스트 기술이다. 신뢰적 멀티캐스트 기술은 일-대-다 또는 다-대-다 전송을 지원하는 IP 멀티캐스트에 신뢰성을 제공하는 기술이다. 본 논문에서는 신뢰적인 멀티캐스트 전송기술을 이용한 프레임워크 형태의 API를 객체 지향적인 기법으로 설계한다.

1. 서론

인터넷의 발전과 더불어, 그와 관련된 기술들이 등장하고 발전하여 왔다. 그 중에서 멀티캐스트는 일-대-다 또는 다-대-다 통신을 지원함으로써 차세대 네트워크 기술로 주목되어 왔다. 그러나, 유니캐스트와 같이, 데이터를 수신자에게까지 신뢰적으로 전달할 수 없다. 따라서, IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 RMT(Reliable Multicast Transport) WG(Working Group)을 결성하여 활발히 연구되고 있다.

그리고, 그룹통신 기술은 멀티캐스트 기술이 등장하기 이전에서부터 등장한 기술이다. 그러나, 개발의 어려움으로 인해 아직 활성화되지 못하고 있다. 따라서, 신뢰적인 멀티캐스트 전송기술을 이용하여 그룹통신의 API 개발은 그룹웨어의 개발을 매우 수월하게 할 수 있을 것으로 기대된다.

2 장에서는 관련연구로서 그룹통신 기술 및 신뢰적인 멀티캐스트 기술에 대해 알아보고, 3 장에서는 그룹통신 API를 설계하고, 4 장에서는 설계한 API를 분석하고 결론과 함께 향후 연구 과제를 남긴다.

2. 관련연구

2.1. 그룹통신

분산 환경에서 그룹이란 동일한 그룹 식별자나 멀티캐스트 주소뿐만 아니라, 공통의 어플리케이션 시맨틱스(application semantics)를 공유하는 객체들의 집합체이다. 여기서 객체들이란 프로세스나 호스트 등과 같은 컴퓨팅 자원을 뜻하며, 그룹은 내부 구조를 드러내지 않는 하나의 논리적 개체이다.

일반적으로 객체들은 다음과 같은 이유로 그룹화된다. (i)그룹 구성원들 공통의 특성과 그들이 제공하는 서비스를 추상화하기 위해, (ii)내부 상태를 캡슐화하고 외부 세계에 규격화된 인터페이스를 제공함으로써 그룹 구성원들과 클라이언트들간의 상호작용을 위한 사용자 프로그램을 단순화하기 위해, 그리고 (iii)보다 큰 시스템 객체를 구축하기 위한 구성 모듈로서 그룹을 사용하기 위해서이다.

그룹통신은 이러한 그룹과 관련된 상위 레벨의 통신 추상체(communication abstraction)로서 보다 효율적이고 편리한 통신 서비스를 제공하는 데, 그 이유를 열거하면 다음과 같다.

I) 멀티캐스트를 이용하면 하나의 메시지를 여러

† 본 논문은 현재 국방과학 연구소에서 지원하는 프로젝트의 연구결과입니다.

수신 프로세스들에게 병렬적으로 전달하므로, 송신 프로세스나 네트워크의 오버헤드를 줄일 수 있다.

- II) 프로세스나 네트워크의 오버헤드를 줄임으로써 다양한 멀티미디어 서비스의 제공이 가능하다.
- III) 고급의 통신 프리미티브(primitive)를 제공함으로써 분산 프로그래밍을 보다 간편하고 명료하게 할 수가 있다.
- IV) 응용 프로그램에게 그룹에 대한 캡슐화를 제공한다.

그룹통신을 지원하는 가장 효과적인 통신방식은 멀티캐스트(one-to-many 또는 many-to-many)이다. 그룹통신은 유니캐스트(unicast: one-to-one)나 브로드캐스트(broadcast: one-to-all)를 이용해서도 구현될 수 있다. 그러나, 전자의 경우 수신 프로세스와 동일한 수의 메시지를 전달해야 하므로 네트워크와 송신 프로세스에서 오버헤드가 발생한다. 후자의 경우엔 목적지에 관계없이 도착되는 메시지로 인해 모든 호스트에 추가의 오버헤드가 발생하며, 그룹에 가입한 프로세스가 없는 호스트에도 메시지가 도착되는 등 그룹메시지에 대한 보안에 문제가 발생한다.

2.2. 신뢰적인 멀티캐스트 프로토콜

인터넷상에서의 멀티캐스트를 지원하는 IP 멀티캐스트[1] 서비스는 어느 정도의 패킷 손실엔 영향을 받지 않는 어플리케이션들에게는 적합한 서비스를 제공할 수 있다. 그러나, 데이터의 신뢰적인 전송이 요구되는 어플리케이션들에는 상위 계층에서 신뢰성을 보장하기 위한 추가적인 방법이 제공되어야 한다. 일반적으로 다자간 통신환경에서의 신뢰성 보장은 많은 복잡한 문제를 동반하는데, 이러한 복잡성은 어플리케이션마다 다른 요구사항을 갖는 데서 가중된다.

현재, 다양한 프로토콜들이 멀티캐스트에서 신뢰성을 보장하는 서비스를 제공하기 위해 발표되었으나 이들은 오직 몇몇의 어플리케이션들에만 최적의 서비스를 제공할 수 있다. 이렇게 각기 다른 어플리케이션들의 요구사항을 하나의 프로토콜로서 만족시키는 것은 매우 어려운 일이다. 그러므로, 멀티캐스트 및 그룹통신과 같은 다자간 통신기술의 개발자들은 이러한 요구사항을 보다 유연하게 제공할 수 있는 아키텍처를 제공하고자 하며, 이것을 위해 JAVA API 를 개발하는 것은 그 하나의 방법이 될 수 있다.

1) 네트워크 계층에서의 해결 노력

네트워크 계층에서 손실된 패킷에 대한 재전송을 지원함으로써 신뢰성을 보장하는 방안이다. 이는 새로운 프로토콜을 UDP 위에 설계하는 복잡성을 피하고, 이미 그룹 및 데이터 전달경로에 대한 정보를 가지고 있는 라우터의 정보를 그대로 응용하고자 함이다. 즉, 데이터를 단지 경로를 따라 전달만 하던 라우터에 데이터 저장기능을 추가하고, 재전송 요청을 데이터

전달경로에 역으로 보내게 되면, 라우터가 재전송될 데이터를 해당 데이터의 전달경로를 바탕으로 재전송하는 방법이다.

그러나, 이러한 방법은 광역에 분산된 인터넷 기반의 통신에서 기존의 라우터를 변화시켜야 하므로, 현재 상황에서 이 기법의 구현에는 아직까지 어려움이 있다.

2) 전송 계층에서의 해결 노력

기존의 TCP 에서 신뢰성을 보장하는 것과 같은 방법을 사용하는 것이다. 즉, 전송 계층에서 오류가 발생한 패킷에 대한 재전송을 수행하도록 하는 방법이다. 초기에는 유니캐스트에서 송신자가 수신자의 패킷 오류를 재전송하는 것과 같은 방법인 송신자 초기화 지향 방법이 제안되었다. 최근에 주로 각 수신자가 자신이 수신한 패킷의 일련번호를 확인하여 오류가 발생한 패킷에 대하여서만 송신자에게 알리는 수신자 초기화 지향 방법이 사용되고 있다.

현재, 전송단계에서 그룹통신의 신뢰성을 보장하는 방법으로 제안된 프로토콜로는 RMP[9], RAMP[10], RMTP[11], TMTP[5], SRM[7], LGMP 등 다양하다.

그러나, 전송 단계에서의 신뢰성을 보장하기 위한 프로토콜들은 각각의 프로토콜에 의존적인 응용만을 지원하기 때문에 프로토콜에 의존적이지 않은 방법으로 멀티캐스트의 신뢰성을 보장하고자 하는 노력이 시도되고 있다.

3) 어플리케이션 계층에서의 해결 노력

응용 계층에서 신뢰적인 전송을 제공하기 위해 여러 연구가 시도되고 있다. 예를 들어, MFTP 는 그룹 파일 전송을 위한 어플리케이션의 구현에 있어서 파일 전송의 특성에 맞는 신뢰성의 보장을 어플리케이션과 함께 구현하였다. 그러나, 이처럼 어플리케이션 계층에 모든 서비스를 포함하는 것은 각각의 어플리케이션에 의존적으로 사용되어질 수밖에 없고 어플리케이션의 구현이 복잡해지며, 기존의 어플리케이션에 새로운 서비스를 추가하기 어렵다는 단점이 있다.

4) 새로운 아키텍처 구축

최근 어플리케이션 계층과 전송 계층의 사이에서 신뢰성을 보장하는 서비스를 제공하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 하나의 방법은 프로토콜을 위해서 단순히 프레임워크를 제공하고 어플리케이션 개발자나 프로토콜의 개발자가 새로운 서비스를 쉽게 통합할 수 있도록 하는 것이다. 제안된 프로토콜로 RMFP 가 있으며, 또한 이를 확장시켜 기존의 SRM 과 LGC 의 프로파일(profile)에 맞는 프레임워크를 구축한 연구도 진행되었다. 이러한 방법은 다양한 어플리케이션에 독립적일 수 있고, 새로운 서비스를 제공하기 위한 적합성이 우수하다는 장점이 있다. 그러나, 적용하고자 하는 프로파일의 변화에 맞추어 코드를 변화시켜야 한다.

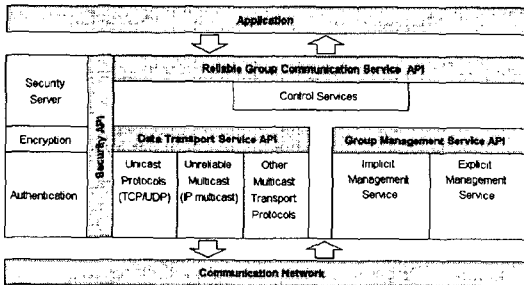
그러므로, 본 논문에서는 신뢰적인 서비스를 제공하는 API를 설계한다.

3. 그룹통신 서비스 설계

본 논문에서 개발하는 그룹통신 서비스는 메시지의 신뢰적인 다자간 전송을 비롯하여, 실시간 전송 및 안전 전송을 보장한다. 또한, 다양한 어플리케이션의 요구사항을 지원하고 개발자에게 보다 편리한 개발환경을 지원하기 위해, 본 논문에서는 프레임워크 형태의 그룹통신 서비스 API를 설계한다.

3.1. 시스템 모델

그룹통신 서비스의 보다 효과적인 개발을 위해 객체지향기법에 기반하여 시스템을 설계한다. 객체지향기법이 제공하는 일반적인 장점인 확장성, 유연성, 재사용성 등을 활용하면 개발자에게 편리하면서도 효과적인 개발환경을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 다름 [그림 1]은 제안하는 그룹통신 서비스 API의 구조와 운용환경을 보다 자세히 나타낸 것으로, 그룹관리 및 데이터 전송과 보안 API로 구성되어 있다. 그룹통신 개발자들은 이러한 그룹통신 서비스 API를 호출함으로써, 네트워크 구조에 투명하게 개발할 수 있다. 한편, 본 논문에서는 이러한 서비스 API를 프레임워크 형태로 구현함으로써, 다양한 요구사항에 유연하게 대처할 수 있도록 한다.



[그림 1] 그룹통신 서비스 API 구조도

3.2. 동적인 그룹 관리

그룹 멤버들의 가입/탈퇴 및 삭제/회복이 활발하게 이루어지는 서비스에서는 동적인 그룹 관리가 필수적이며, 다음은 제안하는 그룹통신 시스템이 제공하는 그룹관리 서비스를 기술한 것이다.

- 그룹생성(CreateGroup) : 시스템에 새로운 객체들의 그룹을 생성한다.
- 그룹삭제>DeleteGroup) : 시스템에서 그룹을 제거한다.
- 그룹가입(JoinGroup) : 새로운 객체의 그룹가입을 처리한다.
- 그룹탈퇴(LeaveGroup) : 그룹에 가입한 객체의 그룹탈퇴를 처리한다.
- 멤버삭제(RemoveMember) : 오류가 탐지된 객

체를 그룹에서 제거한다.

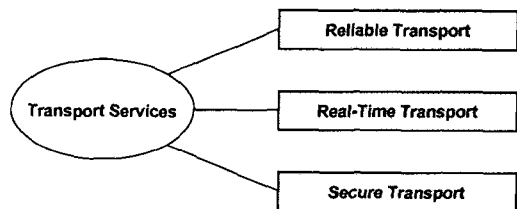
- 멤버회복(RecoverMember) : 오류를 회복한 객체의 재가입을 처리한다.

제안하는 그룹통신 시스템은 그룹을 생성하는 단계에서 다음과 같이 멤버들간의 수평적인 관계와 수직적인 관계를 비롯하여 그룹간 관계를 정의한다. 한편, 그룹과 관련된 관리 및 제어 권한은 그룹 관리자가 가지며, 상위 그룹은 하위 그룹에 대한 모든 권한을 갖는다. 이러한 객체들간의 관계는 그룹통신 서비스 API 호출 시 파라미터로 내용을 정의할 수 있다.

- 수평 관계 : 수평적인 관계를 정의한 것으로, 그룹 내부 멤버들간의 관계를 정의한다.
- 계층 관계 : 수직적인 관계를 정의한 것으로, 상위 멤버는 하위 멤버에 대한 관리 등을 수행한다.
- 외부 관계 : 그룹 사이의 관계를 정의한 것으로, 크게 개방과 폐쇄 관계로 구분된다.

3.3. 신뢰적인 메시지 전송

제안하는 그룹통신서비스는 객체의 요청에 따라 데이터의 신뢰적인 전송과 실시간 전송을 제공한다. 신뢰적인 전송의 경우, 모든 멤버들의 데이터 수신을 보장하면서 순서성을 보장하는 경우와 그렇지 않은 경우로 나뉜다. 순서성을 보장하는 경우엔 보다 복잡한 기능이 추가되어야 하며, 데이터의 수신 순서가 중요한 서비스에 적용될 수 있다. 한편, 실시간 전송의 경우, 데이터의 신뢰적인 전송보다는 실시간성에 중점을 둔 전송 서비스이다. 또한 이러한 서비스는 일부 데이터가 누락되어도 수신품질에 영향을 미치지 않는 음성이나 동영상 등과 같은 멀티미디어 전송에도 적용될 수 있다. 이 외에도 데이터의 암호화를 통해 안전한 전송을 제공한다. [그림 3]은 전송신뢰성을 보장하는 알고리즘이다.



[그림 2] 전송 서비스 형태

Step 1 : 송신 멤버 $Mi(i = 1, 2, \dots, n)$ 는 RMi 를 전송한 후, 메시지를 전송하지 않고 기다린다.

Step 2 : 수신멤버는 Mj 는 Mi 로부터 수신된 메시지를 큐에 저장한 후에, Mi 에게 ACK를 전송한 후, 결과를 기다린다.

Step 3 : Mi 는 Mj 로부터 ACK를 받으면, $RMi[j]$ 에 채

크한다. 2T 시간 안에 모든 수신 멤버들로부터 ACK 가 도착하면 OK 를 송신하고, 그렇지 않다면 ACK 가 도착하지 않은 멤버들에게 메시지를 재전송하고 T 시간 동안 기다린다.

Step 4 : M_j 는 M_i 로부터 OK 를 수신하면 큐에 저장된 메시지를 바로 처리한다. OK 가 도착하지 않더라도 2T 시간이 경과하면 메시지를 처리하고 알고리즘을 종료한다.

M_i 로부터 재전송된 메시지를 수신한 멤버는 그 메시지를 바로 처리하고 알고리즘을 종료한다.

[그림 3] 전송 신뢰성을 보장하는 알고리즘

4. 분석 및 결론

본 논문에서 설계한 그룹통신 서비스는 크게는 프레임워크 형태를 띠며, 객체 지향적인 기법을 사용한다. 따라서, API 형태로 개발되므로, 사용시 매우 편리하며, 프레임워크의 형태이므로 추가개발 또한 용이하다. 따라서, 본 API 는 그룹웨어 개발시 매우 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] S. Deering, D. Cheriton, "Multicast routing in datagram internetworks and extended LANs," ACM Transactions on Computer Systems, Vol.8, No.2, May 1990, pp.85-110.
- [2] L. Delgrossi, L. Berger, "Internet Stream Protocol Version 2 (ST2) Protocol Specification Version ST2," Internet RFC 1819, November 1995.
- [3] R. Rajagopalan, "Reliability and scaling issues in multicast communication," In Proceedings of ACM SIGCOMM 92, August 1995.
- [4] H. Schuzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: a transport protocol for real-time applications," Internet RFC 1889, January 1996.
- [5] R. Talpade, M. Ammar, "An architecture for providing a reliable multicast transport service," In 15th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, June 1995.
- [6] H. Holbrook, S. Singhal, D. Cheriton, "Log-based receiver-reliable multicast for distributed interactive simulation," In ACM SIGCOMM Conference, August 1995.
- [7] 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, Vol.5, No.6, Dec. 1997, pp.784-803.
- [8] W. Mostafa, M. Singhat, "A reliable multicast session protocol for collaborative continuous-feed applications," In 12th ACM Annual Symposium for Applied Computing (SAC 97), February 1997.
- [9] B. Whetten, T. Montgomery, and S. Kaplan, "RMP : Reliable Multicast Protocol", August 1994.
- [10] A. Koifman and S. Zabele, "RAMP : A Reliable Adaptive Multicast Protocol", Proceeding of INFOCOMM 96, March 1996.
- [11] J. C. Lin, and S. Paul, "RMTP : A Reliable Multicast Transport Protocol", IEEE INFOCOM '96, March 1996.
- [12] R. Yavatkar, J. Griffieon, and M. Sudan, "A Reliable Dissemination Protocol for Interactive Collaborative Applications", Proceedings of ACM Multimedia 96, 1996.
- [13] S. Floyd, V. Jacobson, C. Liu, S. McXanne, and L. Zhang, "A Reliable Multicast Framework for Lightweight Sessions and Application Level Framing", IEEE/ACM Transactions on Networking, November 1996.
- [14] M. Hofmann, "Enabling Group Communication in Global Networks", Proceedings of Global Networking 97, Canada, June 1997.
- [15] M. Fuchs, C. Diot, T. Truletti, and M. Hofmann, "A Framework for Reliable Multicast in the Internet", Technical Report RR-3363, INRIA, Sophia Antipolis, France, February 1998.