

# 신뢰성 있는 분산 실시간 그룹 통신 시스템의 설계

노진홍<sup>0</sup> 홍영식  
동국대학교 컴퓨터공학과  
(jhno, hongys)@dongguk.edu

## Design of a Reliable Distributed Real-time Group Communication System

Jin-Hong No<sup>0</sup>, Young-Sik Hong  
Dept. of Computer Engineering, Dongguk Univ.

### 요 약

인터넷 기반 네트워크 통신의 형태가 단순한 텍스트 위주의 데이터로부터 실시간 환경을 요구하는 멀티미디어 데이터 형태로 변하고 있으며, 실시간 분산처리 시스템에 대한 수요가 증가하고 있다. 이러한 실시간 시스템은 분산 실시간 처리 시스템에 대한 전반적인 분야의 발전이 필요하며, 특히 그 중에서도 신뢰성이 높은 그룹 통신 시스템의 개발은 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 고장탐지 기능이 있는 실시간 그룹 통신 시스템을 설계하였다. 설계된 실시간 그룹통신 시스템은 이미 TMO 모델을 통하여 메시지 신뢰성과 고장탐지에 관한 시뮬레이션을 하였고, 그 결과를 분석하여 실시간 그룹통신 시스템 설계에 반영하였다.

## 1. 서 론

인터넷을 기반으로 한 네트워크 컴퓨팅이 확산되며 네트워크 통신의 형태가 단순한 텍스트 데이터로부터 멀티미디어 데이터와 같은 실시간형 데이터로 변하고 있다. 그러므로 정보기술산업 분야에서는 보다 효율적으로 실시간형 데이터를 처리할 수 있는 실시간 분산처리 시스템 개발기법을 필요로 하고 있다. 효율적인 동시에 신뢰성 있고 안정적인 분산 실시간 처리 응용 프로그램의 개발을 위해서는 분산 실시간 처리시스템에 관련된 전반적인 분야의 발전이 필요하며, 특히 그 중에서도 분산 실시간그룹 통신 시스템의 개발은 매우 중요하다고 할 수 있다.

하지만 기존의 통신 시스템은 메시지의 신뢰성을 보장하기 위하여 ACK와 time-out을 사용하고, 이 방법은 ACK에 대한 부하가 높은 단점을 가지고 있다. 높은 신뢰성을 요구하는 분산 실시간 시스템에서는 데드라인을 준수하기 위해 메시지 전송과 고장처리에 대한 time-bound를 결정할 수 있어야 하므로, 기존의 ACK와 time-out에 기반을 둔 고장 탐지 방법을 사용하기에 부적절하다. 이와 반대로 성능을 높이기 위해 UDP를 사용하는 방법은 메시지의 신뢰성을 보장하기 힘들다는 문제를 가지고 있다.

본 논문에서는 ACK와 time-out을 사용하지 않는 대신에 ORT(Official Release Time)[2]를 사용하며 고장 탐지 모듈이 통합되어 메시지의 신뢰성을 보장하는 분산 실시간 그룹 통신 시스템을 설계하였다. 실시간 시스템은 설계되기 이전에 기능적으로 올바르게 동작하여 정확한 값을 산출할 뿐만 아니라 주어진 제약조건을 위배하지 않는지 보장할 수 있어야 한다. 따라서 본 논문에서 제안된 그룹 통신 시스템은 분산 환경을 지

원하는 미들웨어인 TMO(Time-triggered Message-triggered Object)[3]를 통하여 실시간 메시지의 신뢰성과 고장탐지에 관한 시뮬레이션[8]을 행하였고, 그 결과를 분석하여 반영하였다.

본 논문은 다음과 같이 이루어져 있다. 2절에서는 실시간 통신을 위해 제안되었던 방법들에 관하여 설명하고, 3절에서는 실시간 그룹 통신의 신뢰성 보장을 위한 멀티캐스트 방법과 고장 처리에 관하여 설명한다. 4절에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

실시간 환경에서 동작하는 다수의 신뢰성 있는 그룹통신 시스템들이 제안되었다. 토큰(token)을 사용하여 신뢰성 있는 그룹 통신을 행하는 방법은 메시지의 전체 순서화(total ordering)를 할 수 있으므로 신뢰성이 높다는 장점이 있지만, 토큰 분실을 처리하는 방법이 예측할 수 없기 때문에 메시지에 대한 실시간 보장을 할 수 없다는 단점이 있다.[5] 이외에도 하드웨어 중복이 없는 LAN 환경에서의 실시간 통신을 고려한 Verssimo가 제안한 방법[7]이 있다. ACK와 재전송에 기반을 둔 방법으로 메시지의 신뢰성과 적시성(timeliness)을 보장할 수 있으며, 다른 방법들[1]보다 평균적으로 더 적은 통신량을 사용한다는 장점을 가지고 있다. 하지만 ACK를 확인하기 위한 대기시간 오버헤드와 재전송 횟수에 따른 적시성 제공이 제한된다는 단점을 가지고 있다.

또한 통신계층에서 실시간 통신을 지원하기 위한 방법들도 제안되었다. 그 중에서 RTP(Real-time Transport Protocol)와 RTCP(RTP Control Protocol)[6]는 실시간 멀티미디어 전송용 시스템과 그 제어 정보를 전달하는 시스템이다. RTP는 멀티캐

본 연구는 한국과학재단 특정기초 연구(R01-2000-000-00284-0)의 결과물임

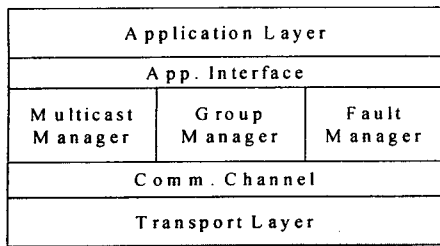
스트 또는 유니캐스트 상에서 음성, 화상, 또는 모의 데이터와 같은 실시간 데이터를 전송하는 응용에 적합한 단대 단 통신 기능을 제공한다. RTCP는 분실된 패킷 수, 지터 간격, 앞의 패킷과의 지연시간 등의 QoS 정보를 교환하는데 사용된다. 하지만 RTP는 메시지 전달의 적시성을 보장하는 방법을 제공하지 않을 뿐 아니라 메시지의 신뢰성을 보장하지 않는다는 단점을 가지고 있다.

### 3. 신뢰성 있는 분산 실시간 그룹 통신 시스템

본 논문에서 제안하는 그룹 통신 시스템은 ACK 를 받지 않는 UDP 통신 방법으로, ORT를 사용하여 고장탐지 모듈이 통합된 시스템을 사용하여 메시지의 신뢰성을 보장한다는 특징을 가진다.

#### 3.1 시스템 구조

본 논문에서 설계된 시스템 구조는 [그림 1]과 같다. 그림에서 보듯이 제안된 시스템은 통신 계층과 응용 프로그램 계층 사이에 존재한다. 시스템은 라이브러리 형태로 개발되어 응용 프로그램에서 사용할 수 있도록 한다.



[그림 1] 프로토콜 스택

시스템을 구성하는 각 서브 모듈의 작업 내용은 다음과 같이 설계되었다.

#### 3.2 시스템 설계

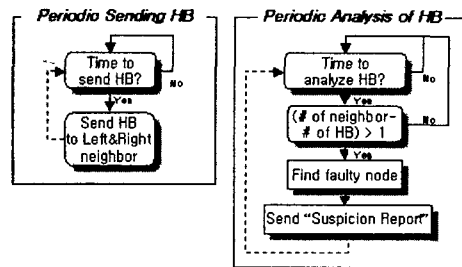
통신 채널은 각 관리자들의 메시지 전송을 요청받아 다른 노드로 송신하거나, 다른 노드로부터 수신된 메시지를 관련된 관리자로 전달하는 역할을 한다.

멀티캐스트 관리자는 응용프로그램으로부터 요청받은 멀티캐스트 메시지를 그룹 멤버들에게 전송한다. 멀티캐스트 메시지의 송신은 통신 채널을 통하여 전송하고, 통신채널로부터 수신된 멀티캐스트 메시지는 큐에 삽입된다. 송신자나 수신자의 순간적인 에러(transient error)를 방지하기 위해 멀티캐스트 메시지는 두 번씩 중복 전송한다. 멀티캐스트 메시지는 큐에 삽입된 시간으로부터 ORT동안 유지된 후, 멀티캐스트 관리자가 큐에서 꺼내어 응용 프로그램에 전달한다. ORT가 지나지 않은 동안 그룹 뷰가 변경되는 경우와 같이 멀티캐스트 메시지를 취소해야 한다면 멤버들에게 ORT가 종료되기 전에 큐에서 삭제하도록 취소메시지를 보낸다.

그룹 관리자는 그룹의 생성, 소멸 및 수정, 멤버의 가입과 탈퇴와 같은 그룹 연산과 그룹 뷰의 변경을 담당한다. 그룹 뷰는

모든 그룹 멤버들이 같은 뷰를 가질 수 있도록 가상 동기(Virtual Synchrony)를 제공한다. 또한 각 관리자에게 현재 그룹 정보를 제공하는 역할도 한다.

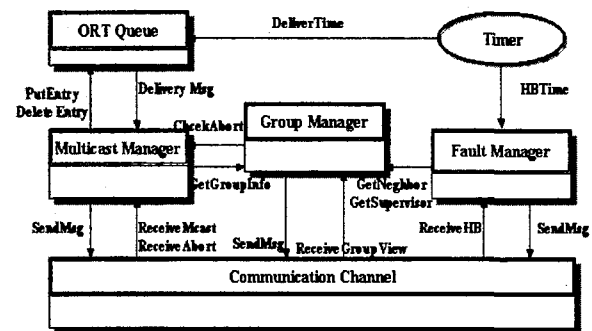
고장 관리자는 SNS(Supervisor-based Network Surveillance) 방법[4]을 참고로 하고, 논리적 링 구조에 기반을 둔 방법으로 [그림 2]와 같이 이웃노드의 고장을 탐지한다. 중앙 집중식 감독자(supervisor)가 존재하고, 모든 노드들은 자신의 존재를 알리기 위해 이웃 노드에게 주기적으로 heartbeat signal을 보낸다. 또한 송신자나 수신자의 순간적인 에러(transient error)를 방지하기 위해 각각의 heartbeat signal은 두 번씩 중복 전송한다. 반대로 모든 노드들은 이웃 노드로부터 주기적으로 heartbeat signal을 수신하고 일정 기간동안 heartbeat signal이 도착되지 않는다면 이웃 노드의 고장 종류를 감지할 수 있다.



[그림 2] 고장 분석 방법

감독자는 고장을 탐지한 후 그룹 관리자에게 적절한 그룹 뷰의 변경을 요청한다. 멀티캐스트 메시지가 큐에 있는 동안 고장을 탐지하였다면 그룹관리자는 멀티캐스트 취소 요청 메시지를 모든 그룹 멤버에게 전달하고, 요청을 수신한 노드의 멀티캐스트 관리자가 메시지를 취소함으로써 메시지의 신뢰성을 보장한다.

[그림 3]은 각 관리자들 간의 동작을 간단히 나타내고 있다. 메시지의 적시성을 위해 ORT를 정확히 계산할 필요가 있으므로 메시지를 저장하는 큐에서는 실시간 타이머를 사용한다. 또한 주기적인 heartbeat signal의 송수신이 메시지의 신뢰성을 좌우하는 중요한 요소이므로, 고장 관리자도 실시간 타이머를 사용한다.



[그림 3] 기본적인 동작구조

### 3.3 파라미터 설정

ACK 메시지를 받지 않고 멀티캐스트 메시지의 신뢰성을 보장하기 위하여, ORT동안 멀티캐스트 메시지를 큐에 유지하고 주기적으로 heartbeat signal을 송수신하며 이웃 노드의 고장을 탐지한다. 그러므로 heartbeat signal의 간격이 작을수록 고장을 빨리 탐지하여 멀티캐스트 중인 메시지를 취소할 수 있거나, ORT가 클수록 메시지를 유지하는 시간이 연장되어 멀티캐스트 메시지를 취소할 수 있는 여유가 생길 수 있다. 이와 반대로 heartbeat signal의 간격이 클수록 시스템에 오버헤드가 적고, ORT가 작을수록 메시지를 빨리 수신할 수 있다. 즉, ORT의 값과 heartbeat signal의 간격을 적절히 조절함으로써 시스템의 성능과 신뢰성을 조절할 수 있다. TMO를 이용한 실험에서 heartbeat signal의 간격에 따라 다음과 같은 고장처리 시간( $T_{고장}$ )을 계산할 수 있었다.[8]

$$T_{고장} = 1.5 \times T_{주기} + 3 \times T_{고장분석} + 2 \times (T_{전송} + T_{입력}) + T_{출력} + T_{멀티캐스트}$$

실험에서 메시지의 신뢰성이 높았던 경우는 heartbeat signal의 주기가 100ms일 경우로 고장처리 시간이 200ms였다. ORT도 200ms인 경우가 메시지의 신뢰성이 가장 높았다. 그러므로 시스템에서의 파라미터 값은 heartbeat signal의 주기를 100ms로 ORT를 200ms로 기본 설정하고 있다. 또한 ORT와 heartbeat signal 주기는 사용자가 임의로 설정할 수 있도록 하여 신뢰성과 성능을 조절할 수 있다.

시스템은 라이브러리 형태로 개발되어 응용 프로그램에서 사용할 수 있도록 구현한다. 라이브러리는 실시간 타이머를 사용할 수 있는 환경인 Windows NT 계열의 운영체제에서 동작하도록 구현한다. 또한 구현된 라이브러리를 통해 프로그램 개발자가 손쉽게 분산 실시간 그룹 통신 프로그램을 할 수 있도록 사용자 인터페이스를 제공한다.

## 4. 결론

본 논문에서는 신뢰성 있는 분산 실시간 그룹 통신 시스템의 설계에 대하여 설명하였다. ORT와 고장탐지 모듈을 통합함으로써 신뢰성 있는 메시지 전송을 할 수 있으며, ACK 메시지를 받는 시스템과 달리 시간 적절성을 제공할 수 있다.

향후 과제로는 분산된 노드들의 신뢰성을 높이고 정확하게 작동하기 위해서 멤버들 간의 시간동기화를 제공하여야 할 것이다. 또한 실시간 시스템으로서 선점형 처리를 가능하도록 스케줄러를 추가하여야 할 것이다. 그 밖에도 무선 환경을 지원하기 위하여 PocketPC 2002를 지원하도록 구현된 그룹 통신 시스템을 포팅할 계획이다.

## 5. 참고문헌

[1] G. Grnsteidl and H. Kopetz, "A Reliable Multicast Protocol for Distributed Real-Time Systems", Proceedings of the 8th IEEE Workshop on Real-Time Operating Systems and Software, Atlanta, U.S.A., 1991.

[2] Y.S. Hong, "Distributed object-oriented real-time simulation of the multicast protocol RFRM", Proc. of 7th IEEE int. Workshop on Object-Oriented Real-Time Dependable Systems(WORDS 2002), pp.215-218, 2002.1.

[3] K. H. Kim, "Object Structures for Real-Time Systems and Simulators", IEEE Computer, August 1997, pp.62-70

[4] K. H. Kim and C. Subbaraman, "Dynamic Configuration Management in Reliable Distributed Real-Time Information Systems", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 11, No. 1, 1999

[5] Michael Mock, Edgar Nett, Stefan Schemmer, Efficient Reliable Real-Time Group Communication for Wireless Local Area Networks, Proceedings of EDCC-3, The Third European Dependable Computing Conference, Prague, Czech Republic, September, 1999

[6] RFC 1889, "RTP - A Transport Protocol for Real-time Applications".

[7] P. Verissimo, J. Rufino, and L. Rodrigues. "Enforcing Real-Time Behavior on LAN-Based Protocols", Proceedings of the 10th IFAC Workshop on Distributed Computer Control Systems, Semmering, Austria, September 1991.

[8] 노진홍, 홍영식, "고장 탐지 방법의 성능 분석을 위한 분산 실시간 시뮬레이션", 한국정보과학회, 2002년 봄, 제 29권 1호, pp.82-84, 한국