

신뢰성 보장을 위한 멀티캐스트에서의 효율적인 라우터 지원

(An Efficient Router Assistance Mechanism for Reliable Multicast)

최 종 원 * 최 인 영 **

(Jongwon Choe) (Inyoung Choi)

요 약 최선의 전송(best-effort) 방식을 택하는 멀티캐스트 전송에서 신뢰성을 제공하기 위한 연구 중 데이터 채널과는 독립적인 계층적 제어트리를 통하여 신뢰성을 제공하는 연구는 높은 확장성을 보장하는 것으로 알려져 있다. 그러나 하위 네트워크 계층의 트리에서 토폴로지 형성에 관한 명시적 정보를 제공하지 않는 상태에서 형성된 전송계층의 논리적 제어트리는 네트워크 계층의 트리 토폴로지와 일치하지 않아서 링크를 비효율적으로 사용할 가능성이 있다.

본 논문에서 제안한 라우터의 지원을 받아 제어트리를 구성하는 기법은 중복되는 데이터를 없애고 링크의 효율성을 향상 시키는데 그 목적이 있으며, 제어트리에 사용되는 메시지 타입을 검사하는 기능 확장만을 요구함으로써 사용의 용이성을 증가시켰다.

키워드 : 멀티캐스트, 신뢰성 보장, 재전송

Abstract To guarantee the reliability in multicast transmission, researches providing reliability through hierarchical control tree which is independent on data channel tree are known to provide high scalability. However, the logical control tree in transport layer constructed without topology information of the corresponding network layer tree may inefficiently use the network resources because the logical control tree is not closely related to the tree topology of the network layer.

A router assisted control tree mechanism presented in this paper would improve the efficiency of the link as well as it would remove the replicated data. In addition, it requires to a router a small change which examines the message type of the control tree.

Key words : multicast, reliability, retransmission

1. 서 론

통신망을 통해 동일한 데이터를 다수의 고객에게 전송하는 파일 서비스, 뉴스 서비스, 인터넷 방송 서비스 등의 응용들이 증가함에 따라 멀티캐스트를 이용한 효율적인 데이터 전송 방법이 요구된다. IP 멀티캐스트[1]는 다수의 수신자들에게 데이터를 전송하는 효과적인 방법을 제공하지만, 최선의(best effort)방식으로 전송하기 때문에 신뢰성을 요구하는 응용에는 적합하지 않다. 최선의 전송은 어느 정도의 손실을 무시하더라도 실시간 전송을 필요로 하는 응용에는 효과적이나, 이러한 실시간성 응용과는 달리 공동문서 작업이나 그룹 간 문서

전송, 소프트웨어의 배포 등 신뢰성이 요구되는 작업에 있어서는 신뢰성을 보장할 수 있는 추가적인 기법을 필요로 한다. 이러한 요구를 만족시키기 위한 신뢰적인 멀티캐스트 프로토콜(Reliable Multicast Protocol)에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다[2-9].

이러한 연구 중에 데이터 채널과는 독립적인 계층적 제어 트리를 통하여 신뢰성을 제공하는 연구는 높은 확장성을 보장하는 것으로 알려져 있다[5,6]. 그러나 이러한 연구에서 구성되는 논리적인 트리는 실제 물리적인 트리와는 다르기 때문에 자식-부모 관계가 바뀔 수 있게 되어 재전송이 지역적인 복구에 의한 것이 아니고 비효율적인 루트를 통하여 수행될 수 있다. 즉 하위 네트워크 계층의 트리에서 토폴로지 형성에 관한 명시적 정보를 제공하지 않는 상태에서 형성된 전송계층의 논리적 제어 트리는 네트워크 계층의 트리 토폴로지와 일치하지 않아서 링크를 비효율적으로 사용할 수 있다 [10]. 이러한 문제를 해결하고자 하는 노력으로 최근에

* 본 연구는 숙명여자대학교 2003년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음

† 종신회원 : 숙명여자대학교 정보과학부 교수

choejn@sookmyung.ac.kr

** 비 회 원 : 숙명여자대학교 컴퓨터통신연구실 연구원

iychoi@cs.sookmyung.ac.kr

논문접수 : 2003년 8월 13일

심사완료 : 2003년 12월 15일

는 망의 트리 구조를 알고 있는 라우터를 이용하여 손실 복구를 수행하는 연구가 진행되고 있으며, PGM[11], LSM[10], GRA[12,13] 등의 기법이 있다.

라우터를 이용한 손실 복구 방법은 전송 계층의 도움 없이 라우터가 패킷의 일련번호 또는 해당 인터페이스를 기억하거나, 응답자를 선출하는 등의 부가적인 기능을 가지고 오류 회복을 할 수 있게 된다. 그러므로 이러한 손실 복구 방법은 특별한 기능을 갖춘 라우터가 전체 네트워크에 보급되어야 하기 때문에 현재 네트워크에 변경이 필요하다. 그러나 기존의 연구처럼 라우터에 복잡한 기능을 추가하여 부담을 줄 경우 그 보급이 원활하게 진행될 수 없는 문제를 갖게 된다. 따라서 활발히 연구된 전송계층에서의 오류회복 솔루션과 상호 보완 할 수 있는 간단한 라우터의 도움을 받는 방식이 적합하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 라우터에 별다른 부담을 주지 않는 범위에서 간단한 라우터의 지원을 통해서 효율적인 신뢰성 보장 서비스를 할 수 있는 방안을 제안한다. 효율적인 신뢰성 보장 서비스를 위한 라우터 지원 방안은 메시지 타입 검사를 통해서 전송 방향을 제한하는 기법으로써 실제 네트워크 트리와 부합하게 논리적 트리를 구성하여 중복 데이터를 줄임으로써 링크의 효율성을 높이고, 라우터에 복잡한 기능이 추가되지 않기 때문에 현재 네트워크에서의 사용 용이성을 높인다. 또한 본 논문에서는 트리 구축 및 오류 회복 전반에 걸쳐 교환 되는 패킷 종류와 형식들을 전송계층의 신뢰 전송 프로토콜과 일치하게 사용함으로써 이들 프로토콜과 상호작용을 원활히 할 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구에 대해 살펴보고, 3절에서는 본 논문에서 제안한 멀티캐스트에서의 신뢰성 보장을 위한 효율적인 라우터 지원 방안에 대해 자세히 기술한 뒤, 4절에서는 신뢰성 보장을 위한 멀티캐스트에서의 효율적인 라우터 지원 방안 기법에 대한 성능평가에 대한 결과를 기술하고, 5절에서는 본 연구의 결과 및 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

멀티캐스트 기반으로 멀티미디어 데이터 처리를 하는 각종 응용 프로그램에 있어서 그룹간의 공동작업이나 파일 전송 서비스, 인터넷 방송등과 같은 서비스는 신뢰성을 보장하는 것이 매우 중요하며, 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜을 구축하려는 연구가 이루어졌다[2-6,8,9,12,14]. 이들 연구 중에 데이터 채널과는 독립적인 계층적 제어 트리를 통하여 신뢰성을 제공하는 연구는 높은 확장성을 보장하는 것으로 알려져 있다[5,6]. 그러나 하위 네트워크 계층의 트리에서 토폴로지 형성에 관한 명

시적 정보를 제공하지 않는 상태에서 형성된 전송계층의 논리적 제어 트리는 네트워크 계층의 트리 토폴로지와 일치하지 않아서 링크를 비효율적으로 사용할 가능성이 있다.

이러한 문제를 해결할 수 있는 기법으로 네트워크 단계에서 라우터가 신뢰 전송을 위한 서비스를 지원하는 기법이 제안되었다. 전송계층에서의 신뢰적 전송 프로토콜로서 다수의 수신자가 그룹에 참여할 때 패킷의 손실을 겪는 수신자들이 손실 복구를 요청하는 경우에 손실을 감지한 멤버와 가장 인접한 다른 수신자가 손실 복구 패킷을 재전송하여 오류복구를 수행하는 방법으로 SRM[15]이 제안되었다. SRM은 모든 구성원이 재전송에 참여하므로 확장성을 제공하지만 이미 패킷을 수신한 그룹 멤버들에게도 손실 복구 패킷이 재전송 되는 노출(exposure) 문제가 발생하고 랜덤 타이머를 사용하기 때문에 손실 복구 시간이 증가하게 되는 단점이 있다.

RMTP[5], TMTP[6]는 트리 구조 기반의 멀티캐스트 전송 프로토콜로서 그룹에 참여한 구성원들을 계층화된 제어하에 확장성 있는 흐름제어와 오류제어를 제안한다. RMTP와 TMTP는 수신자들을 그룹화 하여 논리적 트리를 구성함으로써 지역적으로 오류를 복구하는 방법을 통해서 확장성을 제공한다. RMTP는 동적으로 수신자들이 가입 및 탈퇴를 수행하는 경우는 트리상의 노드가 변경되어 트리를 재구성하는데 추가적인 시간이 소요된다. 한편 TMTP는 수신자들을 동적인 계층 트리로 구성하며, 지역그룹의 오류 복구를 담당하는 DM(Domain Manager)이 그룹에 참여할 때 ERS (Expanding Ring Search)를 사용하여 가장 가까운 DM을 선정함으로써 계층적인 제어 트리를 구성하지만 여전히 노출문제가 존재한다.

또 다른 연구로서 전송 계층의 제어 트리와 네트워크 계층의 트리가 서로 부합하지 않아서 발생하는 링크의 비효율성 문제를 해결하기 위해서, 네트워크 단계에서 라우터가 신뢰전송을 위한 서비스를 지원하는 방안으로 LSM[10], PGM[11], Search-party[7], GRA[12,13] 등이 제안되었다.

LSM[10]은 라우터에 전달 기능을 추가하고 라우터를 이용한 트리를 사용하여 라우터의 하위에 위치한 수신자층에 선출된 응답자가 손실 복구를 수행하도록 하였는데, 이 방식은 응답자에게 문제가 발생하였을 경우에 관련된 수신자들이 모두 영향을 받게 되는 단점이 있다.

PGM[11]은 라우터가 NACK 패킷을 수신하면 손실된 패킷의 일련번호와 해당 인터페이스를 라우터에 저장하고 송신자 또는 DLR(Designated Local Repairer)에게 손실 복구 요청 패킷을 전달한다. PGM은 라우터가 일련번호와 인터페이스를 기억함으로써 라우터가 유

지해야하는 상태 정보가 증가하게 되어 상태 정보 관리 비용이 증가하게 되며, 라우터가 전송계층에서 패킷의 일련번호를 확인하기 때문에 라우터의 부담을 증가시키는 단점이 있다.

GRA[12,13]는 멀티캐스트 트리상의 라우터 중 GRA 기능을 수행할 수 있는 라우터가 산재되어 있는 상태에서 별도로 정의된 GRA 패킷을 이용하여 GRA 라우터 트리를 형성하고, 데이터 트리는 기존의 멀티캐스트 트리를 사용하며, 제어패킷과 재전송 정보는 GRA 라우터 트리를 통하여 전달하는 방식을 채택하고 있다[5]. 이 방법은 재전송 효율을 위하여 라우터가 제어 패킷을 검사하여 중복된 NACK을 상위 스트림의 라우터로 통합하여 보내는 NACK 억제와 링크별 손실 복구를 수행하는 망 기반의 서비스를 제공한다[13]. 그러나 라우터가 전송 계층의 일련번호를 확인하는 방법은 라우터에게 부담을 주게 된다.

3. 신뢰성 보장을 위한 멀티캐스트에서의 효율적인 라우터 지원

본 절에서는 신뢰성 보장을 위한 멀티캐스트에서의 효율적인 라우터 지원 방법에 대해 기술한다. 제안 기법은 전송계층의 제어 트리 구축방법에서처럼 송신자와 각 서브넷의 SN(Service Node)이 자식 노드에 대한 손실 요청 메시지와 복구를 담당한다.

3.1 개요

앞 절에서 기술한 전송계층의 논리적 제어트리가 네트워크 계층의 트리 토폴로지와 일치하지 않아서 링크를 비효율적으로 사용할 가능성이 있는 문제를 해결할 수 있는 방법은 근본적으로 네트워크 계층에서 라우터가 신뢰전송을 위한 서비스를 지원하는 것이다[10,11,13].

IETF RMT-WG에서도 이러한 서비스를 위하여 GRA-BB 구조[13]와 Signalling Protocol Specification [12]을 정리하였는데, 이 방법은 멀티캐스트 트리상의 라우터에 상태 정보를 저장하여 NACK 억제와 링크별 손실 복구를 수행한다. 그러나, 라우터가 트랜스포트 계층의 일련번호를 확인하는 방법은 라우터에게 부담을 주게 되고, 복잡한 라우터 기능 변경을 요구할 경우 서비스 전개가 원활하지 않을 수 있다.

본 논문은 이러한 문제를 해결하고자 간단하게 메시지 타입과 링크 방향 정보만으로 제어 트리를 구축하는 라우터 지원 방식을 제안하였다. 기존의 연구는 라우터가 오류 회복이나 상태 정보 관리 등의 기능까지도 수행하는 라우터 자체에 부담을 많이 주는 기법이었다. 본 논문에서의 제안 기법은 활발히 연구된 전송계층 솔루션의 지원방식으로 오류 회복이나 상태 정보 관리 같

은 일은 전송계층에서 수행하도록 함으로써 전송계층과 상호 보완 작용을 할 수 있는 방안이다.

제안 기법은 전송계층의 제어 트리 구축방법에서처럼 송신자와 각 서브넷의 SN(Service Node)이 자식 노드에 대한 손실 요청 메시지와 복구를 담당한다. 이 방식은 처음 제어 트리 구축을 알리는 메시지(BEACON 메시지를)를 통하여 스트림의 방향을 설정하는 간단한 방법으로 각 SN이 자식 노드를 찾는 자신의 상태 정보를 담은 메시지(ADVERTISE 메시지)를 다운 링크로만 전송함으로써 네트워크 토폴로지에 부합하는 제어트리를 형성하여, 중복데이터를 최소화시켜서 링크의 효율성을 높인다.

3.2 제어 트리 구축에 대한 고찰

계층적인 트리 기반의 RM프로토콜에서는 효과적인 논리적 제어 트리를 구성하는 일이 가장 중요하다. 전송계층 트리를 구축하는데 있어서 가장 큰 딜레마는 전송계층의 트리와 네트워크 계층의 트리가 부합되지 않을 경우 링크 사용의 효율성이 떨어져서 신뢰 전송 서비스를 하기 위한 비용이 많이 든다는 것이다. 그래서 전송계층의 트리와 네트워크 계층의 트리를 가깝게 구성하려 보면 오버헤드가 커지게 된다는 문제점이 또 발생하게 된다.

그림 1의 (a)는 네트워크상의 멀티캐스트 트리고, 그림 1의 (b)는 그림 (a)로부터 만들어 질 수 있는 제어 트리이다. 하위 네트워크 계층의 트리에서 토폴로지 형성에 관한 명시적 정보를 제공받지 못한 상태에서 제어 트리의 구축과정을 살펴본다. 그림 (a)에서 보듯이 노드 a에서 노드 f와 노드 b는 노드 a로부터 두 홉으로 같은 홉수를 가지고 있다. 이 경우 노드 a는 노드 f와 노드 b 둘 중에 한 노드를 자신의 SN노드로 선정할 것이다. 홉수가 같은 경우기 때문에 거리는 같지만, 노드 b는 그림 (a)에서 보듯이 네트워크 토폴로지상에서 노드 a의 upstream 노드에 위치하고 있고, 노드 f는 네트워크 토폴로지상에서 노드 a의 downstream에 위치하고 있는 차이점이 있다.

이 경우 노드 b를 SN노드로 선정하는 것이 아니라 노드 f를 SN노드로 선정해서 서비스를 받고자 바인드 하는 경우가 있을 수 있다. 그럴 경우의 문제점을 살펴보자. 만약 잠시 동안 링크 e3에서 손실이 일어난다고 가정해보자. 그림 (b)의 제어 트리에서 보듯이 노드 c의 자식 노드들인 노드 d, 노드 e, 노드 f는 노드 c에게 재전송을 요청해야 하고, 노드 a와 노드 g와 노드 h는 자신의 SN노드인 노드 f에게 손실을 복구 받아야 한다. 노드 c는 또한 자신의 SN노드인 노드 b에게 복구할 데이터를 위한 요청 메시지를 보내야 한다. 이 상황에서 몇몇의 링크는 몇 번씩이나 같은 데이터를 운반해야 한다. 왜냐하면 전

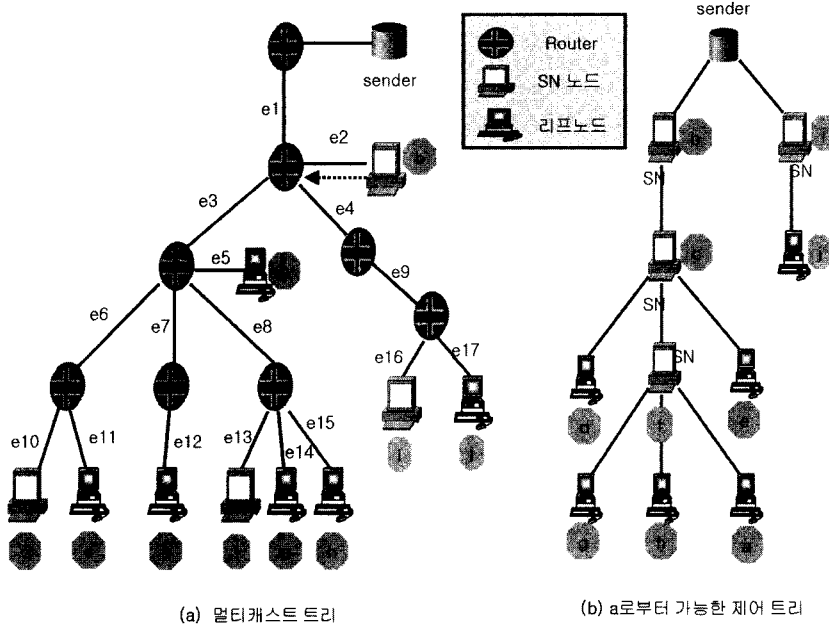


그림 1 멀티캐스트 트리와 이로부터 가능한 제어트리의 비교

송 계층의 논리적 제어 트리와 네트워크 계층의 트리 토폴로지가 일치하지 않기 때문이다.

예를 들면, e8은 한번의 복구를 위해서 같은 데이터를 중복해서 운반해야 한다. 그림 (b)에서 보듯이 실제 네트워크에서의 링크 e8은 노드f를 위해서 노드c가 복구를 해주기 위해서 한 번 이용해야 하고, 노드f가 노드a를 위해서 재 전송하기 위해 또 다시 이용하게 된다. 이렇게 되면 링크 e8에 연결되어 있는 노드a는 링크 e8이 중복 데이터를 나뉘므로 인해서 링크 e8의 링크 효율성의 떨어지기 때문에 데이터를 받는데 중복된 재전송만큼의 지연이 발생하게 된다.

그러나 만약 노드a가 그것의 upstream인 노드b를 자신의 SN노드로 두고 서비스를 받는다면, 중복된 데이터를 최소화 시킬 수 있기 때문에 노드에 부과되는 짐을 가볍게 할 수 있게 된다. 그것은 하위 네트워크 계층의 트리에서 토폴로지 형성에 관한 정보를 알고 있어야 가능하다[10].

결국, 전송 계층 트리의 제어 트리와 네트워크 계층의 트리가 부합해야지만 최상의 제어 트리가 구축된다고 말할 수 있다[16]. 그러나 현재 전송계층의 제어 트리 구축은 상위프로토콜들에게 명백한 멤버십 정보나 라우팅 토폴로지를 제공하지 않기 때문에 네트워크 토폴로지를 고려하지 않고 구성한다고 말할 수 있다.

그래서 GRA[13] 또는 PGM[11]같은 신뢰 전송 서비스를 지원하기 위해서 주요한 라우터들이 지원하는 방

안이 연구되어 왔으나 라우터의 많은 수정작업을 필요로 하기 때문에 상당한 시간과 많은 비용이 걸리는 단점이 있다.

따라서, 쉽고 간단한 방식으로 현재 네트워크에 빠르게 적용될 수 있는 방안을 본 논문에서 제안한다. 이 방식은 확장성 있게 구성하는 것을 목적으로, 효과적으로 멀티캐스트 그룹을 위한 강한 제어 트리를 구성하는 간단한 라우터 지원 메커니즘이며, 예전의 기법과는 달리 신뢰성을 보장하기 위한 기능을 위해서 상태 정보를 저장하기 위한 특별한 라우터의 기능을 요구하지 않는다. 또한 실제적으로 에러복구를 하지 않는다. 다만 라우터는 간단하게 다른 수신자들에 도달하기 위한 경로를 제공하며, 이 간단한 방법은 신뢰적인 서비스를 지원하기에 용이하다.

3.3 라우터 지원을 통한 제어 트리 구축

간단하게 라우터의 지원을 받아 메시지 타입과 링크 방향 정보만으로 제어 트리를 구축하는 라우터 지원 방식을 기술한다. 즉, 제어 트리의 구성을 멀티캐스트 트리와 부합하게 구축함으로써 downstream의 노드가 역으로 부모 노드 역할을 하게 되는 현상을 제거해서 링크의 효율성을 높이는 방식이다.

3.3.1 제어 트리 구축에 쓰이는 메시지 타입과 이용

제안된 트리 구성을 상세하게 묘사하기 전에, 메시지 타입과 이용에 대해 설명한다. Hirm[8]의 제어 트리를 만들기 위한 기법에서 메시지 타입은 Top-down관점에

서와 같으며, 메시지는 다음과 같이 구성된다.

BEACON = 고정 헤더 + 연결 정보 헤더

다른 메시지 타입 = 고정헤더 + 트리 멤버십 헤더

제한된 기법의 트리 구성과 관련된 동작들을 위해서 각 패킷은 다음의 정보를 포함한다.

BEACON : 초기화를 위해 제어 트리 구축을 알리고 트리 구성에 관한 정보를 알려준다. 헤더에 있는 연결 정보에는 송신자의 ID, T(연결 설정 시간), 그리고 가질 수 있는 최대의 자식 노드 수(MaxNumChildren)가 포함되어 있다.

ADVERTISE : 이 메시지에서부터 트리 바인딩 정보, 즉 부모 SN들의 상태 정보를 얻은 그룹 참여자들은 그들의 부모 SN에 바인딩 할 수 있게 된다. 부모 SN들의 상태 정보를 포함한 이 메시지에는 트리 레벨과 송신자로부터의 TTL값이 있다. 각 참여자들은 T(Tree invite)시간동안 하나 또는 그 이상의 SN이 보내는 ADVERTISE 메시지에 주의를 기울인다. 수신자들은 이 정보에 의해서 선출된 부모들의 백업 리스트를 만든다. T(TI)가 끝나면, 수신자들은 가장 가까운 부모 노드에게 바인딩 한다. 각 on-tree SN은 그것의 부모로부터 1을 더한 수로 자신의 트리 레벨을 설정한다. 송신자의 트리 레벨을 0으로 한다. 각 노드에서 만약 새로운 부모를 결정할 것인가, 기존의 부모 SN을 그대로 유지할 것인가를 결정하는 것은 송신자로부터의 TTL값과 SN의 트리 레벨로 결정된다. 즉 ADVERTISE 메시지의 주요 기능은 송신자 및 각 SN이 자신의 자식 노드에게 자신의 존재를 공지하는 메시지이다.

BIND : 송신자의 주소를 포함하고, 각 부모 ID(도착 주소와 UDP 포트), 그리고 SN 플래그를 포함하며 각 SN과 수신자들에 의해서 이용된다. 각 SN과 수신자들은 가장 최상의 부모 SN에게 BIND 메시지를 전송한다. 즉 각 수신자가 후보로 선정된 부모 노드에게 보내는 바인딩을 위한 요청 메시지이다.

ACCEPT 또는 REJECT : 송신자 ID를 포함하고(송신자를 포함한 SN을 위한 ID), 지역적인 주소(또는 TTL 지역) 그리고 R(Reject, 거절의 이유) 플래그를 포함한다. SN들은 BIND 메시지를 받아들일 것인가는 미리 정의된 최대 지역 그룹 수신자 수(MaxNumChildren)과 확보할 자식 SN수(MinNumChildrenSN) 등 미리 정의된 파라미터들에 의해서 결정한다. 바인딩 요청 시에 거절되었을 경우 R 플래그 안에 이유를 표시하여 전송한다.

3.3.2 제어 트리 구성

제한한 제어 트리의 기본적인 구성은 송신자가 제어 트리의 중심이 된다[17,18]. 각 서브넷은 신뢰 전송을 담당하는 서비스 노드인 SN노드들과 수신자들로 이루어

진다. 제어 트리의 구축은 멀티캐스트 세션광고, SN탐색, 최적의 SN으로의 바인딩 순서로 진행된다. 이후 송신자가 제어 트리 구축을 알리면 각 수신자는 자신과 가까운 SN탐색을 통하여 최적의 SN을 선택하고 바인딩 한다. 제어 트리 구축 절차는 다음과 같다.

STEP1. 송신자가 **BEACON** 메시지를 멀티캐스트 전송하여 제어트리 구축을 알린다. 이때 제어트리 구축을 지원하는 각 라우터는 메시지 타입에서 **BEACON** 메시지를 수신하는 링크를 upstream링크로 인식한다(그림 2 참조).

STEP2. 송신자의 **BEACON** 메시지를 받은 각 SN은 수신자를 모으기 위해서 **ADVERTISE** 메시지를 제한된 멀티캐스트 지역 내로 주기적으로 전송한다. 이때 **ADVERTISE** 메시지를 수신한 제어트리 지원 라우터는 **BEACON** 메시지를 받은 쪽을 제외한 downstream링크로만 전달한다. 즉, 모든 **ADVERTISE** 메시지는 라우팅 토폴로지 상에서 하위 링크 쪽으로만 전달된다.

각 수신자들과 SN들은 T(TI)시간동안, 부모 리스트를 위한 버퍼가 꽉 찰 때까지 메시지에 주의를 기울이고 이 메시지들로 SN의 트리 레벨 및 송신자와 SN의 TTL 값 등의 SN에 대한 정보를 수집한다. T(TI)이 시간이 지난 후에, 이 메시지를 수신한 그룹 참여자들은 SN과 자신의 TTL정보를 통하여 자신과 가까운 SN을 알게 된다.

STEP3. 각 수신자들은 선정된 부모 SN에게 **BIND** 메시지를 유니캐스트한다.

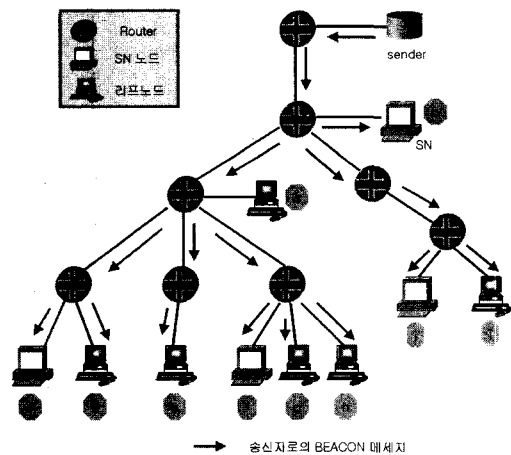


그림 2 BEACON 메시지 전송 경로

STEP4. 각 SN은 **ACCEPT** 또는 **REJECT** 메시지로 응답할 수 있다. 그것은 미리 결정되어 있는 파라미터, 최대 지역 그룹 수신자 수, 최소 확보할 자식 SN

수 등 검사 등을 통하여 결정된다. 이때, 최소 확보할 자식 SN 수를 트리 내에 반드시 지정하여 하나의 SN의 자식 노드 중에는 반드시 다른 SN이 자식노드로 바인드 할 수 있도록 한다. 이것은 적절한 트리의 성장을 보장하기 위해서 정의된다. 만일 트리의 처음 깊이(depth)에서 하위 노드를 송신자 또는 수신자들만 자신의 자식 노드 리스트를 채우면, 제어 트리가 더 이상 성장할 수 없기 때문이다. 만일 이러한 고려를 통하여 자신에게 바인딩하려는 수신자를 거절할 경우 R 플래그에 거절의 이유를 전달한다.

STEP5. SN이 제어 트리에 바인드 되면 ADVERTISE 메시지의 필드에 자신의 트리 레벨을 설정한다. 정보는 ADVERTISE 메시지를 전송하여 자신의 자식 노드를 찾는다. 이 메시지는 스텝 2와 같이 제어트리 지원 라우터에 의하여 SN의 하위 스트림으로 전송된다. 수신자들은 전송 값에 기초하여 SN에 바운드하게 되면 자신의 트리 레벨 값을 바꾼다.

STEP6. 위의 작업은 미리 정해진 T(Tree Settlement)시간이 만료 될 때까지 계속된다. 송신자는 T(TS)시간이 지난 후에 DATA 패킷을 전송하기 시작한다. 만약 적절한 SN을 찾지 못하면, 그것은 송신자에게 직접 바운드하게 된다.

그림 3은 그림 1의 (a)로부터 제안된 라우터 지원 기법을 적용하여 형성된 제어 트리를 보여준다. 모든 부모 노드가 자식노드의 upstream에 위치하도록 함으로써 네트워크 토폴로지에 부합하는 제어 트리를 형성하고

제어 메시지를 교환하면서 생기는 링크의 오버헤드를 최소한으로 줄일 수 있게 된다.

4. 성능 평가

멀티캐스트에서의 효율적인 신뢰 보장 서비스를 위한 라우터 지원 방안의 성능 평가를 위해서 첫째 신뢰 보장 서비스를 하는 기존의 서비스들과 라우터의 지원이 없이 형성되었던 기존의 제어트리 방법을 가지고 제안된 라우터 지원기법과의 손실률에 따른 손실 복구 시간을 비교하였다. 두번째로는 기존의 제어 트리 방법을 가지고 제안된 라우터 지원기법과의 재전송에 따라 발생하는 메시지 수를 비교해봄으로써 중복된 메시지에 따른 링크의 효율성을 평가하였다.

본 성능평가는 OTCL과 C++로 이루어진 객체 지향적인 사건 추출의 패킷 단위 시뮬레이터(event-driven packet-level simulator)인 LBNL Network Simulator ns[19]를 통해 수행했다.

표 1 시뮬레이션 환경

| | |
|-------------------|---|
| Hardware | Pentium III 600MHz RAM : 128M Hard disk : 80G |
| OS | FreeBSD 4.0 |
| 사용언어 | C++, Tcl/Tk |
| Network Simulator | Ns 2.1b7a |

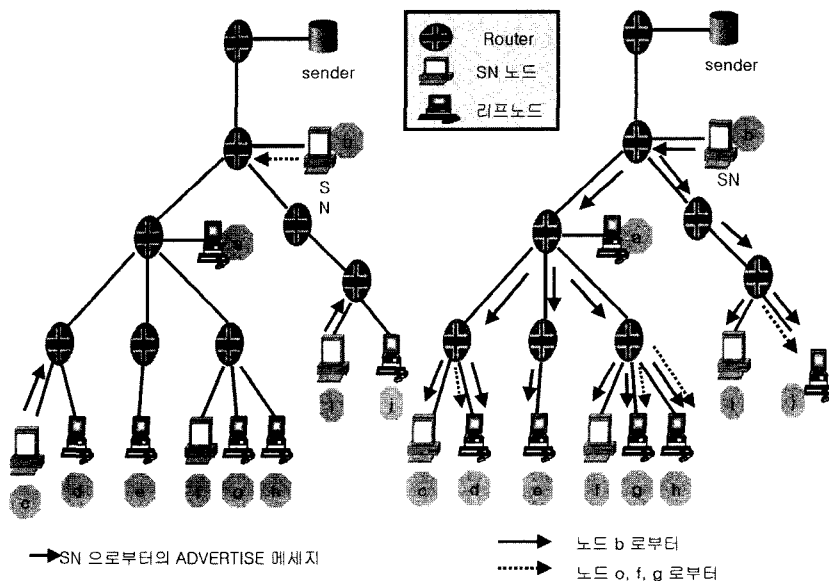


그림 3 ADVERTISE 메시지 전송 경로

4.1 신뢰성 보장 서비스를 하는 기존의 서비스들과의 성능비교

첫번째로 신뢰 보장 서비스를 하는 기존의 서비스들과의 손실률에 따른 손실 복구 시간을 비교해봄으로써 얼마나 효과적으로 손실을 복구하는 지에 대하여 살펴본다.

시뮬레이션을 위한 환경 설정은 다음과 같다.

- 그룹 수신자 수: 100, 300, 500, 700, 1000
- 송신자가 10ms CBR(Constant Bit Rate) 스트림(Stream)으로 설정.-고정된 패킷 크기를 가짐
- 패킷 크기: 1024byte
- 지연 시간: 10ms
- 대역폭 : 1.5Mbps
- 링크 손실 상황 : 10초
- 링크 손실률 : 각각의 링크에 동일하게 적용
- 가정
 - SN은 미리 설정되어 있는 상태로 평가
 - 그룹 안에는 하나의 SN만 있다고 가정
 - 그룹 안에는 송신자와 SN과 수신자로 구성되고 송신자는 SN을 자식으로, SN은 수신자를 자식으로 둠
 - 실험의 용이성을 위해 데이터 패킷만이 손실에 영향을 받고 제어 패킷과 재전송 패킷은 손실에 영향을 받지 않도록 실험함
 - 손실이 발생하는 경우는 3개의 손실이 연속적으로 발생되도록 함.

칙적으로 0.9초까지 증가시키고, 패킷 크기는 1024byte, 지연시간 10ms을 기준으로 볼 때 손실복구 시간은 대략 0.3에서 0.5사이로 나타났다. 이 성능평가에서 가장 주목할 것은 그룹 사이즈가 커질수록 손실 복구 시간이 더 빠르게 복구 되는 것을 볼 수 있다는 것이다. 이는 노드수가 더욱 늘어날수록 더욱 좋은 성능을 보일 것으로 예상된다.

4.2 재전송에 필요한 메시지 수에 따른 링크 효율성 조사

재전송에 필요한 메시지 수를 측정해 봄으로써, 메시지 수가 많은 쪽이 링크의 효율성을 저하시키므로, 메시지 수에 따른 링크의 효율성을 평가해본다.

시뮬레이션을 위한 환경설정에는 다음과 같다.

- 그룹 수신자 수: 100, 300, 500, 700, 1000
- 송신자가 10ms CBR(Constant Bit Rate) 스트림(Stream)으로 설정.-고정된 패킷 크기를 가짐
- 패킷 크기: 1024byte
- 지연 시간: 10ms
- 대역폭 : 1.5Mbps
- 링크 손실 상황 : 10초
- 링크 손실률 : 각각의 링크에 동일하게 적용
- 가정
 - SN은 미리 설정되어 있는 상태로 평가
 - 그룹 안에는 하나의 SN만 있다고 가정
 - 그룹 안에는 송신자와 SN과 수신자로 구성되고 송신자는 SN을 자식으로, SN은 수신자를 자식으로 둠
 - 실험의 용이성을 위해 데이터 패킷만이 손실에 영향을 받고 제어 패킷과 재전송 패킷은 손실에 영향을 받지 않도록 실험
 - 손실이 발생하는 경우는 3개의 손실이 연속적으로 발생되도록 함

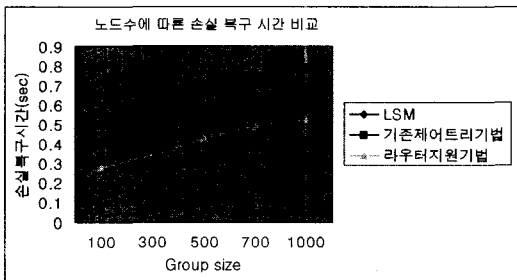


그림 4 노드수에 따른 손실 복구 시간 비교

위의 그림 4는 위와 같은 환경에서 실시한 성능평가에서 그룹 사이즈를 100, 300, 500, 700, 1000단위로 증가시켰을 때의 구간별로 손실복구 시간을 비교한 것이다. 위와 같은 환경에서 성능평가를 실시하여 손실 복구 시간을 비교해 본 결과 예상대로 그룹 사이즈가 증가할수록 본 논문에서 제안한 라우터 지원 기법이 LSM [10]이라는 신뢰성을 보장하는 기존의 서비스와 기존의 라우터 지원 없이 형성된 제어 트리 기법보다 빠르게 손실을 복구함으로써 효율적으로 손실 복구를 처리하는 것을 볼 수 있었다. 측정 시간을 0.1초부터 0.1초씩 구

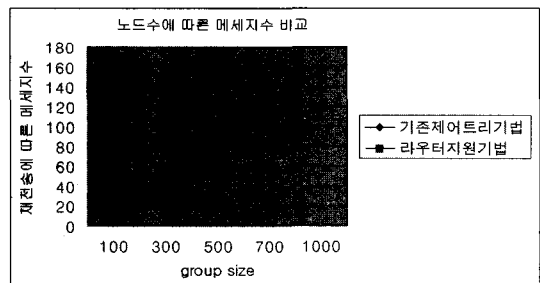


그림 5 노드수에 따른 재전송 메시지 수 비

위의 그림 5는 위와 같은 환경에서 실시한 성능평가에서 그룹 사이즈를 100, 300, 500, 700, 1000단위로 증가시켰을 때의 구간별로 재전송에 필요한 메시지 수를 비교한 것이다. 위와 같은 환경에서 시뮬레이션을 실시

하여 재전송에 따른 메시지수를 비교해 본 결과 예상한 대로 그룹 사이즈가 커질수록 기존의 제어 트리보다 본 논문에서 제안한 라우터의 지원을 받는 기법이 재전송에 따른 메시지수를 줄임으로써 링크의 효율성을 높이는 것으로 보였다. 측정 시간을 0.1초부터 0.1초씩 규칙적으로 0.9초까지 증가시키고, 패킷 크기는 1024byte, 지연시간 10ms을 기준으로 볼 때 재전송에 따른 메시지 수는 30개에서 100개의 수준으로 나타났다. 이 시뮬레이션에서 가장 주목할 것은 그룹 사이즈가 커질수록 재전송에 따른 메시지수가 줄어드는 것을 볼 수 있다는 것이다. 이는 노드수가 더욱 늘어날수록 더욱 좋은 성능을 보일 것으로 예상된다.

4.3 성능 평가에 대한 결과

앞의 성능평가 결과는 그룹 사이즈에 따른 손실 복구 시간에서 본 논문에서 제안한 라우터 지원기법이 기존의 신뢰성 보장을 하는 기법인 LSM[10]이나 기존의 제어 트리 기법보다 손실 복구 시간을 단축시킴으로써 효율적인 서비스임을 보였다. 또한 그룹 사이즈가 커질수록 손실 복구 시간이 더 빠르게 복구 되는 것을 볼 수 있으므로, 노드수가 더욱 늘어날수록 더욱 좋은 성능을 보일 것으로 예상된다.

그룹 사이즈에 따른 재전송에 필요한 메시지 수에 있어서도 본 논문에서 제안한 라우터 지원기법이 기존의 신뢰성 보장을 하는 기법인 LSM[10]이나 기존의 제어 트리 기법보다 링크의 효율성에 직접적으로 영향을 주는 메시지 수를 단축시킴으로써 효율적인 서비스임을 보였다. 또한 그룹 사이즈가 커질수록 손실 복구 시간이 더 빠르게 복구되는 것을 볼 수 있으므로, 노드수가 더욱 늘어날수록 더욱 좋은 성능을 보일 것으로 예상된다.

5. 결론

인터넷의 사용이 날로 급증하는 가운데 멀티캐스트를 이용하는 각종 서비스가 증가하고 있다. 그 중 파일 전송 서비스, 인터넷 방송등과 같은 응용 서비스는 데이터 전송 단계의 신뢰성이 보장되어야 한다.

본 논문에서 제안한 라우터의 지원을 받아 제어 트리를 구성하는 기법은 중복되는 데이터를 없애고 링크의 효율성을 향상시키는 것을 목표로 했다. 즉, 제어 트리의 구성을 멀티캐스트 트리와 부합하게 구축함으로써 다운 스트림의 노드가 역으로 부모노드 역할을 하게 되는 현상을 제거하여 링크의 효율성을 높일 수 있었다. 이들 방법은 라우터가 제어 트리에 사용되는 메시지 타입을 검사하는 기능 확장만을 요구한다. 기존의 연구에선 라우터에서 패킷의 일련번호와 상태정보를 기억한다는 등의 복잡한 기능을 추가해서, 라우터에게 부담을 주기 때문에 서비스 전개가 원활하지 않을 수 있었다. 그

러나 제안된 라우터 지원방식에서는 전송계층의 제어 트리의 메시지 타입만을 이용함으로써 사용 용이성을 증가시켰다.

성능평가를 할 때 손실 복구시간이나 메시지 수 이외에 좀더 다양한 파라미터 값을 가지고 좀더 타당성 있는 결과를 얻기 위한 방안을 모색 중이며, 또한 본 논문의 성능평가에선 SN노드를 고정시켜서 성능평가를 하는 방법으로만 성능평가를 실시했으나 SN노드의 분포를 다르게 해봄으로써 SN노드의 분포에 따른 성능평가를 GloMoSim(UCLA 제공, C-기반)같은 좀더 다양한 시뮬레이션 툴을 이용해서 같은 환경에서 실험해 봄으로써 좀더 다양한 결과를 얻기 위한 방안을 연구 중이다.

참 고 문 헌

- [1] S. Deering, Host Extensions for IP Multicasting, RFC1112, August 1989.
- [2] Tie Liao, LRMP : the Light-weight Reliable Multicast Protocol, <http://monet.inria.fr/lrmp/lrmp.html>
- [3] M. Hofmann, Enabling Group Communication in Global Networks, Proceedings of Global Networking 97, Canada, June 1997.
- [4] F. Brockners, Bulk multicast data transfer-towards the integration of FEC and ARQ using a lightweight feedback control tree, Technical Report TR97-279, Center of Parallel Computing, University of Cologne, July 1997.
- [5] J. C. Lin, and S. Paul, RMTP : A Reliable Multicast Transport Protocol, IEEE INFOCOM '96, March 1996.
- [6] R. Yavatkar, J. Griffioen, and M. Sudan, A Reliable Dissemination Protocol for Interactive Collaborative Applications, Proceedings of ACM Multimedia 96, 1996.
- [7] Costello, A. and McCanne, S., Search party: Using randomcast for reliable multicast with local recovery, Proceedings of IEEE INFOCOM '99, March 1999.
- [8] Eunsook Kim, A Router-Assisted Session Tree Configuration Mechanism for Reliable Multicast, IEEE Communication Letters, Vol.6, September 2002.
- [9] T. Montgomery, A Loss Tolerant Rate Controller for Reliable Multicast, Technical Report NASA-IVV-97011, August 1997.
- [10] C. Papadopoulos and G. Parulhar, An Error Control Scheme for Large-Scale Multicast Application, Proc. INFOCOM'98.
- [11] T. Speakman, et al, Prmatic General Multicast Transport Protocol Specification, draft-speakman-pgm-pgm-spec-03.txt, IETF Internet Draft, June 1999.