

# RMA: 확장성과 신뢰성을 지원하는 신뢰적인 멀티캐스트 구조

## (RMA: Reliable Multicast Architecture for Scalable and Reliable Multicast)

강 필 용<sup>†</sup> 신 용 태<sup>\*\*</sup>  
(Pilyong Kang) (Yongtae Shin)

**요 약** IP 멀티캐스트는 Best-Effort 서비스를 제공하므로 신뢰적인 전송을 보장하지 않는다. 최근 신뢰적인 전송을 보장하기 위한 다양한 접근이 시도되고 있지만, 인터넷상에서 확장성 있는 신뢰적인 멀티캐스트 전송을 구현하기엔 아직까지 미흡하다.

본 논문에서는 이를 극복하기 위해 확장성과 신뢰성을 지원하는 신뢰적인 멀티캐스트 구조(RMA)를 제안한다. 제안하는 모델은 수신자 기반의 재전송 요청을 통해 신뢰성을 보장하는 한편, 멀티캐스트 라우터가 피드백을 억제함으로써 확장성을 보장한다. 또한, 기존의 멀티캐스트 라우팅 정보를 최대한 활용하여 프로토콜 변경비용 및 오버헤드를 최소화한다. 성능분석 결과, 제안하는 모델은 확장성과 호환성 측면에서 기존의 연구보다 우수성을 보였다.

**Abstract** IP Multicast that provides best-efforts service does not guarantee reliable delivery of multicast packets. In recent years, there are many approaches to support reliable multicast, but those are insufficient for implementing scalable and reliable multicast over Internet.

We propose a Reliable Multicast Architecture(RMA) for scalable and reliable multicast. The RMA model guarantees reliability using a receiver initiated retransmission mechanism, and scalability using a feedback suppression mechanism by Multicast Router(MR). Furthermore, it utilizes underlying multicast routing information to minimize the cost of protocol modification and overheads. Our performance analyses show that RMA is much superior to previous works in the point of scalability and compatibility.

### 1. 서 론

인터넷상에서 다수의 수신 노드에게 동일한 데이터를 전송해야 하는 경우, 전송의 효율성 및 확장성 측면에서 멀티캐스트 전송이 주목받고 있다. 그러나, Best-Effort 서비스 기반인 IP 멀티캐스트[1]는 신뢰적인 전송을 보장하지 않으므로, 신뢰적인 전송을 위해서는 추가의 기능이 요구된다.

즉, 대표적인 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 DVMRP[2], MOSPF[3], PIM-DM/SM[4, 5], CBT[6] 등은 멀티캐스트 라우팅 테이블의 구성을 통해 멀티캐스트 라우팅을 지원하지만, 패킷의 신뢰적인 전송은 보장하지 못한다. 따라서, 신뢰적인 전송을 보장하기 위해서는 상위 계층에서 추가적인 전송 메커니즘을 제공해야 하며, 최근 이를 위한 다양한 연구 및 접근이 제안되고 있다[7, 8].

일반적으로 전송 신뢰성은 누락된 패킷에 대한 재전송을 통해 지원되며, 멀티캐스트 환경에서의 신뢰적인 전송 모델은 송신자나 수신자 기반, 트리 기반, 링 기반 모델로 구분할 수 있다.

송신자 기반 모델[9-12]은 ACK(Positive Acknowledgement)를 기반으로 신뢰성을 지원하며, 수신자 기반 모델[12-14]은 NACK(Negative Acknowledgement)를

\* 본 논문은 한국과학재단 특정기초(과제번호: 98-0101-06-01-3) 연구비 지원에 의해 일부 수행되었음.

† 정 회 원 : 한국정보보호진흥원 연구원  
kangpy@kisa.or.kr

\*\* 종 신 회 원 : 송실대학교 컴퓨터학부 교수  
shin@computing.soongsil.ac.kr

논문접수 : 2001년 2월 8일  
심사완료 : 2001년 9월 10일

기반으로 신뢰성을 지원한다. 그러나, 이러한 모델들은 ACK나 NACK의 집중 및 폭증으로 인해 확장성에 문제가 발생할 수 있다. 확장성을 고려한다면 계층적인 접근의 트리 기반 모델[15-17]이 가장 효과적이지만, 기존의 프로토콜에 대한 변경비용과 트리 구성을 위한 오버헤드로 인해 실제로 적용하기엔 문제가 있다. 한편, 가상 위상을 구성하는 링 기반 모델[18, 19]은 단순성 측면에서 장점을 제공하지만, 그룹의 크기가 클 경우엔 전송지연이 늘어나는 등 역시 확장성에 문제가 있다.

그 외에도 라우터가 신뢰적인 전송을 보장하는 네트워크 계층에서의 접근방안이 제안되고 있지만, 라우터가 전송계층 서비스를 지원하려면 광역의 인터넷상에서 기존의 라우터를 모두 변경해야하므로 실제로 구현하기엔 어려움이 따른다.

요컨대, 현재의 멀티캐스트 환경에서 신뢰적인 전송을 보장하기 위해서는 확장성에 제한이 따르며, 이를 극복하기 위한 대부분의 연구들은 호환성 및 오버헤드 측면에서 문제가 발생하고 있다.

이에 본 논문에서는 확장성과 호환성을 향상시킨 새로운 신뢰적인 멀티캐스트 구조(RMA : Reliable Multicast Architecture)를 제안한다. 제안하는 RMA 모델은 수신자 기반의 접근을 통해 신뢰성을 제공하는 한편, 멀티캐스트 라우터(MR)의 기능을 확장하여 네트워크 계층에서 NACK을 억제함으로써 확장성을 높인다. 또한, 기존의 멀티캐스트 라우팅 정보를 최대한 활용하고 프로토콜 변경비용을 최소화함으로써 호환성을 높인다. 본 논문에서는 제안하는 모델의 우수성을 입증하기 위해, 성능을 분석하고 신뢰성 및 확장성과 호환성 측면에서 기존의 연구와 비교한다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 신뢰적인 멀티

캐스트를 위한 관련 연구 및 동향을 기술한다. 3장에서는 제안하는 RMA 모델 및 알고리즘을 기술하고, 4장에서는 성능분석과 기존 연구와의 비교를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 내리고 향후 연구과제를 제시한다.

## 2. 신뢰적인 멀티캐스트

### 2.1 멀티캐스트 라우팅

그림 1은 인터넷상에서의 일반적인 멀티캐스트 라우팅 구조를 나타낸 것이다. 여기서 R은 수신 노드로서 멀티캐스트 주소(=Destination) 226.334.30.32에 가입된 노드들을 의미한다. 멀티캐스트 패킷의 라우팅을 담당하는 멀티캐스트 라우터(MR)들은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 의해 구성된 멀티캐스트 라우팅 테이블을 참조하여 멀티캐스트 패킷을 전달한다.

예를 들어, 그림에서 MR'가 상위의 MR로부터 멀티캐스트 주소가 226.334.30.32인 패킷을 수신하면, 라우팅 테이블을 참조하여 인터페이스 I2와 I3으로 전달하게 된다. 한편, 멀티캐스트 수신그룹으로의 가입 및 탈퇴는 호스트들의 join/leave 요청에 의하며, MR은 이를 처리하여 기존의 멀티캐스트 전송 트리로의 graft/prune을 수행한다.

멀티캐스트 라우팅 프로토콜로는 소스 트리 기반의 DVMRP, MOSPF, PIM-DM과 공유 트리 기반의 PIM-SM, CBT가 있다. 멀티캐스트 그룹관리 프로토콜인 IGMP[1]는 멀티캐스트 수신그룹으로의 가입/탈퇴를 지원한다. 한편, IP 멀티캐스트로 대표되는 현재의 인터넷 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 신뢰적인 전송을 보장하지 않는 Best-Effort 서비스를 제공하며, 멀티캐스트 패킷은 UDP 패킷에 캡슐화된다.

### 2.2 신뢰적인 전송의 보장

멀티캐스트 패킷의 신뢰적인 전송은 재전송이나 FEC

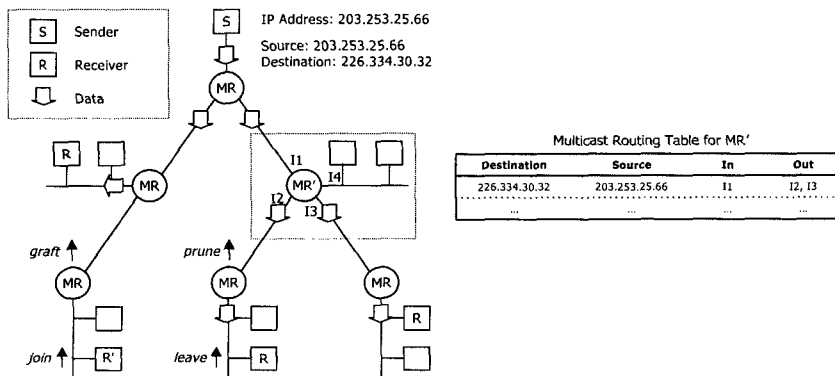


그림 1 멀티캐스트 라우팅 구조도

(Forwarding Error Check)<sup>1)</sup>[20] 등을 통하여 지원될 수 있다. 위성통신과 같은 단방향 채널이나 멀티미디어 데이터의 실시간 전송에는 FEC를 적용하는 것이 일반적이며, 인터넷과 같은 양방향 채널에서의 파닐 및 자료 전송에는 전송계층에서의 재전송을 통해 신뢰성을 보장하는 것이 보다 일반적이다.

본 논문은 인터넷 환경에서의 신뢰적인 멀티캐스트 전송을 고려하므로 재전송에 의한 신뢰성의 지원에 초점을 맞춘다. 재전송을 통해 신뢰적인 멀티캐스트 전송을 지원하는 방안은 크게 송신자 기반 모델[9-12]과 수신자 기반 모델[12-14]로 구분된다.

송신자 기반 모델의 경우, 송신자가 수신자들로부터 수신된 ACK를 기반으로 재전송을 결정함으로써 신뢰성을 보장한다. 이러한 기법은 단순성과 흐름제어의 측면에서 효과적이지만, 그룹의 크기가 클 경우엔 ACK의 폭증으로 인한 심각한 문제가 발생할 수 있다. 또한, 송신자가 모든 수신자들에 대한 수신정보를 관리해야하므로 확장성에 문제가 있다.

반면에 수신자 기반 모델의 경우, 수신자가 멀티캐스트 패킷의 손실을 탐지하여 송신자에게 재전송을 요청한다. 이러한 기법은 패킷을 손실한 수신자만이 NACK을 발생하므로 ACK 기반 모델에 비해 피드백의 폭증을 어느 정도 피할 수는 있지만 그룹의 크기가 매우 클 경우, 역시 확장성에 문제가 있다. 또한, 송신자는 송신한 패킷에 대한 ACK를 수신하지 못하므로, 송신버퍼의 크기와 중단간 지연이 길어지게 된다.

한편, 수신그룹을 계층적으로 구성한 트리 기반 모델의 경우, 부모 노드들은 자식 노드들로부터의 피드백을 처리하여 신뢰성을 보장한다. 자식 노드들은 부모 노드에게만 피드백을 전송하므로 확장성 측면에서 매우 효율적이지만, 트리를 동적으로 구성하고 관리하기 위해서는 추가의 오버헤드가 요구된다.

최근 트리 기반 모델의 한 형태로서 수신그룹을 계층적인 지역그룹(local group)으로 분리하고, 지역적으로 오류회복을 수행하는 방안이 주목받고 있다[11]. 각 지역그룹에는 대표자가 있어서 지역의 수신 노드들은 대표자에게 재전송을 요청한다. 이러한 모델은 지역그룹의 오류가 전체그룹에 영향을 주지 않으며, 기존의 모델에 비해 확장성과 중단간 지연의 측면에서 장점을 제공한다. 그러나, 지역그룹의 크기가 증가하는 경우, 역시 피드백의 폭증이 발생할 수 있으므로 지역그룹에 대한 적절한 제어가 요구된다. 즉, 수신그룹 및 네트워크의 동

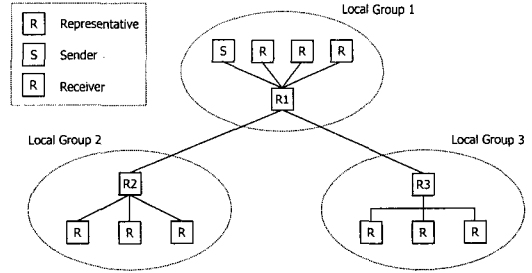


그림 2 지역그룹 기반 모델

적인 변화에 적절히 대응하여 지역그룹을 나누고 구성하기 위한 추가의 오버헤드와 기존 프로토콜의 변경비용 측면에서는 단점을 제공한다.

그 외에 링 기반 모델[18, 19]의 경우, 송신자와 수신 노드들이 링 형태의 가상 위상을 구성한다. 이 경우, 송신자가 송신한 패킷이 링을 돌아와서 다시 수신되면, 모든 노드들이 수신했음을 보장한다. 이는 단순성 측면에서는 장점을 제공하지만, 메시지 전송시간은 수신그룹의 크기에 선형적으로 비례하므로 확장성엔 제한이 있다.

아직까지 인터넷상에서의 멀티캐스트 전송은 확장성 있는 신뢰적인 전송이 어려워, 실시간 멀티미디어 서비스와 같이 전송오류보다는 전송지연에 민감한 응용에 적용되고 있다. 대규모의 파일 분배 서비스 등 보다 다양한 응용서비스에 적용되기 위해서는 신뢰적인 전송의 보장과 함께 확장성을 고려한 접근이 요구된다.

### 3. 신뢰적인 멀티캐스트 구조(RMA)

#### 3.1 시스템 모델

제안하는 RMA 모델은 상위 계층에서의 재전송을 통해 신뢰성을 보장한다. 이때, 재전송 메커니즘은 수신자 기반 모델을 따르며, MR의 기능을 확장하여 NACK을 억제하고 기존 프로토콜의 변경을 최소화함으로써 확장

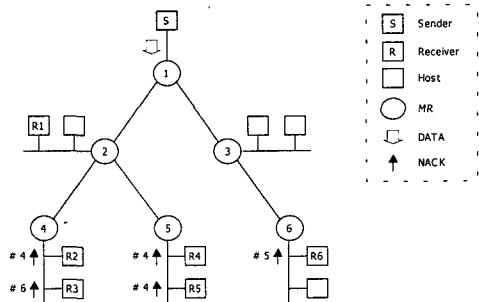


그림 3 수신자 기반 환경에서의 재전송 요청

1) 오류정정방식의 하나로 오류의 검출과 정정을 함께 수행한다.

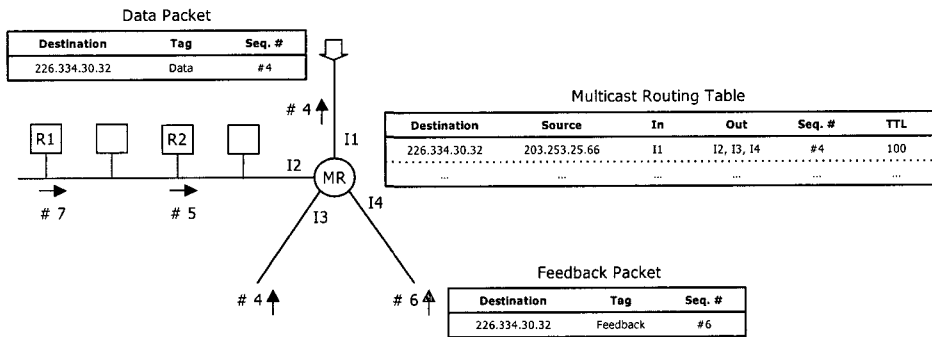


그림 4 RMA-MR의 동작 메커니즘

성과 호환성을 높인다.

RMA 모델의 기본 아이디어는 MR이 동시에 여러 개의 NACK을 수신하는 경우, 재전송을 요청한 패킷의 일련번호가 가장 낮은 NACK 중에서 먼저 도착한 것만을 상위의 MR로 전송함으로써 송신자가 처리해야 하는 NACK을 억제한다.

예를 들어, 그림 3과 같이 멀티캐스트 전송 트리가 구성되었을 경우, 기존의 방식에서는 송신자에게 모두 5개의 NACK이 전송된다. 반면에 RMA 환경에서는 하나의 NACK #4만이 전송됨으로써 80%의 감소를 가져온다. 즉, MR<sub>4</sub>의 경우를 보면, NACK #4와 #6 중에서 NACK #4만을 상위의 MR<sub>2</sub>에게 전송하고, MR<sub>5</sub>의 경우엔 NACK #4 하나만을 상위로 전송한다. 결국, 송신 노드는 하나의 NACK #4만을 수신하고 해당 패킷부터 재전송함으로써 신뢰성을 높인다.

한편, MR<sub>4</sub>에서 NACK #6이 #4보다 먼저 도착한 경우엔 2개의 NACK이 모두 상위로 전달되므로, NACK이 역순으로 도착하는 경우엔 억제효과가 감소된다. 그러나, 일반적으로 NACK이 역순으로 도착하는 경우는 드물며, NACK의 집중 및 폭증의 해결을 위해서는 동일한 NACK의 처리가 중요하다.

그림 4는 멀티캐스트 패킷을 데이터와 피드백으로 구분하는 RMA 환경에서 MR의 동작 메커니즘을 보다 상세히 나타낸 것이다. MR이 멀티캐스트 패킷을 수신하면, 데이터의 경우엔 기존의 방식과 마찬가지로 멀티캐스트 라우팅 테이블을 참조하여 패킷을 전달(forward)<sup>2)</sup>한다. 반면에 피드백의 경우엔 패킷의 일련번호가 최근의 일련번호보다 작은 경우에만 상위로 되돌림(back-

ward)<sup>3)</sup>으로써 피드백을 억제한다.

예를 들어, 그림에서 데이터 패킷은 라우팅 테이블을 참조하여 인터페이스 I2, I3, I4로 전달되는 반면, 피드백 패킷은 #4만이 상위의 라우터로 되돌려지게 된다(즉, I1로 전송된다).

인터넷상에서 RMA를 실제로 적용하기 위해서는 기존의 멀티캐스트 라우팅 테이블과 멀티캐스트 패킷의 수정이 요구된다. 멀티캐스트 라우팅 테이블에는 기존의 테이블에 일련번호와 이에 대한 타임아웃 필드가 추가되고, 멀티캐스트 패킷에는 태그와 일련번호가 추가되어야 한다. 한편, 멀티캐스트 패킷의 일련번호는 IP 헤더 [22]의 일련번호 필드에 포함되므로 실제로는 태그만 추가하면 된다.

### 3.2 RMA-MR의 동작 알고리즘

그림 5는 RMA-MR의 동작 알고리즘을 나타낸 것으로 멀티캐스트 패킷수신 및 타임아웃 이벤트에 대한 동작을 정의한다. 피드백의 경우엔 패킷의 일련번호가 최근의 일련번호보다 작은 경우에만 상위로 되돌림으로써 억제효과를 보인다.

한편, 피드백이 상위의 MR로 전송되는 과정에서 링크오류 등으로 인해 누락되는 경우, 수신 노드가 재전송을 다시 요청하더라도 테이블의 일련번호가 이전 피드백을 가리키고 있으므로 상위로 되돌려지지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 이의 해결을 위해, 멀티캐스트 라우팅 테이블의 일련번호에 대해 타임아웃이 발생하면, 일련번호를 가장 큰 수로 변경함으로써 피드백이 송신자에게 전송되지 못하는 문제를 해결한다. 요컨대, 라우팅 테이블의 일련번호는 송신자로부터 수신해야 할 다음 패킷을 의미하며, 타임아웃은 RTT(Round Trip Time)보다 큰 값을 가져야 한다.

2) 멀티캐스트 라우팅 테이블의 Out 인터페이스로 패킷을 전달한다.

3) 역경로(Reverse Forwarding Path) 정보를 활용하여 패킷을 전달한다. 즉, 멀티캐스트 라우팅 테이블의 In 인터페이스로 데이터를 전달한다.

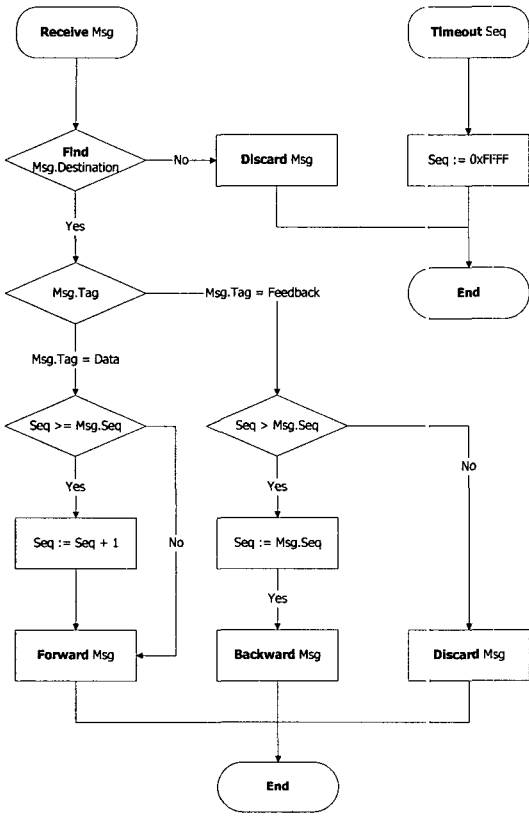


그림 5 RMA 동작 알고리즘

4. 분석 및 평가

4.1 분석 환경

본 논문에서는 제안하는 모델을 확장성과 호환성을 중심으로 분석하고 관련 연구들과 비교한다. 이를 위해, 다음과 같은 네트워크를 가정한다.

임의의 네트워크  $N$ 에서 멀티캐스트 그룹  $G$ 를 형성하

는 MR들의 집합을  $R_G = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ 라 하고, 이들은 차수  $d$ 의 완전 트리를 구성한다고 가정한다.  $r(\in R_G)$ 이 NACK를 수신할 확률들의 집합을  $E_G = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ 라 하고 수신 노드에서의 패킷 손실률을  $\mu$ , 송신된 패킷은 제한된 시간  $\delta$  안에 수신 노드들에게 도착됨을 정의한다.

한편,  $G$ 에 가입된 호스트의 집합을  $H_G = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$ 라 하고,  $R_G$ 에 균등하게 분포된다고 가정한다. 따라서,  $G$ 를 구성하는 모든 서버넷에는 밀도  $\rho(=n/m)$ 만큼의  $h$ 들이 존재한다.

그림 6은 이러한 분석환경의 한 예를 나타낸 것으로 차수 및 깊이, 밀도가 2인 환경을 보여준다. 즉, 수신그룹의 크기는 14이고 총 7개의 MR 및 서버넷으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 트리의 루트인 MR이 처리해야 하는 NACK의 양을 중심으로 분석하고 확장성을 평가한다.

$$LEVEL(j) = \lceil \log_2(j(d-1)+1) \rceil - 1 \quad (1)$$

$$CHILD(j) = N_{LEVEL(j)} + d(j-1 - N_{LEVEL(j-1)}) + 1 \quad (2)$$

분석을 위해  $j(0 < j \leq m)$ 를  $r(\in R_G)$ 의 인덱스라 하면,  $LEVEL(j)$ 는 수식 1에 의해 멀티캐스트 전송 트리 상에서의  $r_j$ 의 레벨을 반환하며,  $CHILD(j)$ 는 수식 2에 의해  $r_j$ 의 자식 MR 중에서 가장 작은 인덱스를 반환한다. 따라서,  $r_j$ 의 자식 MR들의 집합 =  $\{r_{CHILD(j)}, r_{CHILD(j)+1}, \dots, r_{CHILD(j)+d-1}\}$ 로 정의될 수 있다.

4.2 성능 분석

4.2.1 확장성

본 절에서는 RMA의 확장성을 평가하기 위해, MR이 처리해야 하는 NACK의 양을 중심으로 분석한다. 예를 들어,  $r_j(\in R_G)$ 가 처리해야 하는 NACK은 서버넷  $j$ 에 위치한  $h(\in H_G)$ 들과  $r_j$ 의 자식 MR로부터 수신되는 NACK으로 구성된다. 즉, 송신된 멀티캐스트 패킷에 대해  $r_j$ 가 순간적으로 처리해야 하는 NACK의 양을 계산

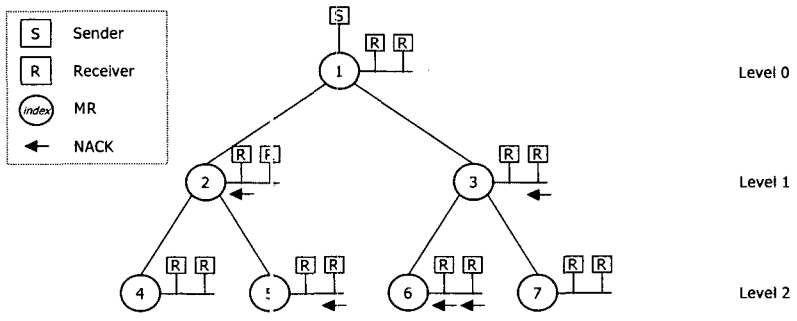


그림 6 분석 환경 예제

분석 환경:  $\rho=2, \mu=0.01, d=2$

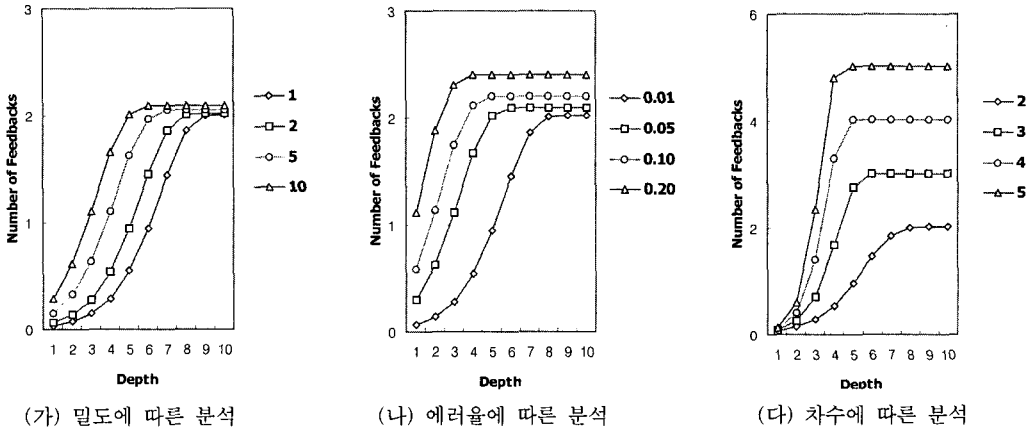


그림 7 RMA가 처리해야 하는 피드백의 양

하면 다음과 같다.

$$RMA = \rho\mu + de_{CMLDX} \quad (3)$$

한편, 서브넷  $j$ 가 NACK을 수신할 확률  $e_j$ 의 계산식은 다음과 같다.

$$e_j = 1 - (1-\mu)^\rho (1 - e_{CMLDX})^d \quad (4)$$

그림 7은 RMA가 처리해야하는 NACK의 양을 트리의 깊이를 중심으로 밀도( $=\rho$ ) 및 에러율( $=\mu$ )과 차수( $=d$ )에 따라 분석한 것이다. 제한하는 RMA 환경에서는 처리해야 하는 NACK의 양이 수신그룹의 크기가 증가하더라도 일정하므로 확장성이 매우 우수함을 알 수 있다.

한편, 수신자 기반 환경에서 NACK을 억제하기 위한 RINA 모델[9, 12]은 수신자가 패킷 손실을 탐지하면, 바로 피드백하지 않고 랜덤한 시간을 기다린 후에 피드백을 전송함으로써 NACK을 억제한다. 이 경우, 피드백은 멀티캐스트되어 다른 수신자들에게도 전송되며, 이를 수신한 수신자들은 NACK을 전송하지 않는다.

다음의 수식 5는 이러한 RINA 모델이 송신된 멀티캐스트 패킷에 대해 순간적으로 처리해야하는 평균적인 NACK의 양을 나타낸 것이다. 여기서,  $n$ 은 수신그룹의 크기를 나타내며,  $k$ 는 패킷을 손실한 수신 노드의 수를 나타낸다. 또한,  $t$ 는 라운드의 크기를 나타내며, MR은  $i$ 번째 라운드에서 피드백을 수신한다. 즉, 패킷 손실을 탐지한 수신 노드는 임의로  $i \cdot \delta$ 만큼 기다린 후에 NACK을 전송한다.

$$RINA = \sum_{k=1}^n \left\{ \binom{n}{k} \mu^k (1-\mu)^{n-k} \sum_{i=1}^k \left( P_1(i) \sum_{j=0}^{i-1} (j+1) P_2(j) \right) \right\} \quad (5)$$

한편,  $P_1(i)$ 는  $i$ 번째 라운드(즉, 패킷의 손실을 탐지하고  $i \cdot \delta$ 시간의 경과 후)에 피드백이 수신될 확률이다.  $P_2(j)$ 는  $i$ 번째 라운드에서 피드백이 수신되었을 경우, 패킷 손실을 탐지한 나머지  $k-1$ 개의 수신 노드로부터  $j$ 개의 피드백이 동시에 수신될 확률이며,  $\sum_{j=0}^{k-1} P_2(j) = 1$ 이다.

$$P_1(i) = \left( 1 - \frac{i-1}{t} \right)^n - \left( \frac{t-i}{t} \right)^n \quad (6)$$

$$P_2(j) = \binom{k-1}{j} \left( \frac{1}{t-i+1} \right)^j \left( \frac{t-i}{t-i+1} \right)^{k-1-j} \quad (7)$$

그림 8은 모델별 확장성을 비교하기 위해, 분석결과를 바탕으로 모델별로 처리해야하는 피드백의 양을 그래프로 나타낸 것이다. 제한하는 기법은 기존의 SI(Sender

(분석환경 :  $\rho=1, d=2, \mu=0.01, t=10$ )

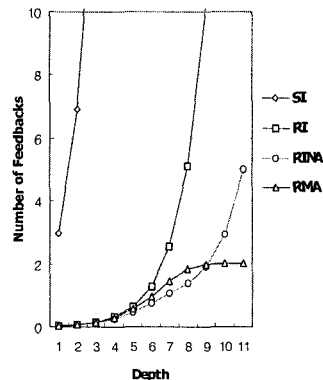


그림 8 모델별 확장성의 비교

Initiated)나 RI(Receiver Initiated)에 비해 월등하며, 전송 트리의 깊이가 깊을수록 RINA에 비해 우수한 성능을 보인다.

한편, 깊이가 얇은 경우엔 RINA가 RMA보다 우수한 성능을 보이는데, RINA는 그룹의 크기가 적당할 경우엔 NACK의 억제효과가 뛰어나다. 그러나, RINA는 패킷을 손실한 노드들의 NACK을 분산시키므로 누락된 노드들의 수보다  $t$ 가 클수록 좋은 성능을 보이지만,  $t$  및  $\delta$ 이 증가하면 전송지연도 증가하는 문제가 있다.

서브넷 환경에서는  $\delta$ 이 매우 짧으므로, 밀도가 큰 경우 서브넷 안에서는 RINA 방식을 적용하고 서브넷 간에는 RMA 방식을 적용하면 보다 향상된 NACK 억제 효과를 기대할 수 있다.

#### 4.2.2 호환성 및 적용성

본 절에서는 RMA의 호환성 및 적용성을 평가하기 위해 기존 프로토콜의 변경비용을 중심으로 분석한다. 우선, MR 측면에서 살펴보면 기존의 멀티캐스트 라우팅 테이블에 일련번호 및 TTL 필드가 추가되고 피드백 패킷을 처리하기 위한 기능이 지원되어야 한다. 즉, 데이터 패킷에 대한 동작은 기존과 동일하며, 피드백 패킷에 대해서는 일련번호를 검사하여 전달여부를 결정하고 역경로 정보를 활용하여 송신자에게 되돌린다.

한편, 멀티캐스트 패킷의 경우엔 기존의 UDP 패킷 포맷에 데이터와 피드백을 구분하기 위한 태그가 추가되어야 하며, 일련번호는 기존의 헤더 정보를 그대로 활용하면 된다.

요컨대, RMA는 피드백을 처리하기 위한 일부 기능만 추가하면 되므로, 프로토콜 변경비용이 매우 적어 기존의 연구에 비해 호환성 및 적용성이 우수함을 알 수 있다. 또한, 신뢰성을 보장하기 위한 재전송 게커니즘은 상위 계층에서 지원되므로 네트워크 하부구조에서 변경해야 할 사항은 없다. 즉, RMA는 송·수신지를 제외하고는 송·수신 버퍼 및 재전송을 정의하지 않는다.

### 5. 결론

본 논문에서는 확장성과 신뢰성을 지원하는 멀티캐스트 구조(RMA) 및 NACK 억제기법을 제안하였다. 제안하는 RMA 모델은 수신자 기반의 재전송 게커니즘을 통해 신뢰성을 보장하는 한편, 멀티캐스트 라우터가 피드백을 억제함으로써 확장성을 지원한다. 또한, 기존의 멀티캐스트 라우팅 정보를 최대한 활용함으로써 프로토콜 변경비용 및 오버헤드를 최소화하고 호환성을 향상시켰다.

성능분석 결과, RMA는 수신그룹의 크기가 증가하여도 피드백을 일정하게 유지함으로써 관련 연구에 비해 월등한 피드백 억제효과 및 확장성을 나타내었다. 한편, 보다 최적의 피드백 억제를 위해 서브넷 안에서는 수신 노드들이 RINA 방식으로 피드백을 발생하는 것이 바람직하다.

결론적으로 제안하는 RMA는 신뢰성과 확장성을 동시에 지원하는 멀티캐스트 전송구조로서, 본 연구결과를 인터넷에서의 확장성 있는 신뢰적인 멀티캐스트 구현에 적용될 것으로 기대된다. 향후 연구과제로는 Mbone[23]으로의 적용 및 RMA를 지원하지 않는 MR과의 호환에 대한 연구가 요구된다.

### 참고 문헌

- [1] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," *Internet RFC 1112*, Aug. 1989.
- [2] S. Deering, C. Partridge, and D. Waitzman, "Distance Vector Multicast Routing Protocol," *RFC 1075*, Nov. 1988.
- [3] J. Moy, "Multicast Extensions to OSPF," *RFC 1584*, Mar. 1994.
- [4] S. Deering, D. Estrin, D. Farinacci, V. Jacobson, A. Helmy, D. Meyer, and L. Wei, "Protocol Independent Multicast Version 2 Dense Mode Specification," *Internet Draft* <draft-ietf-idmr-pim-dm-05.txt>, May 1997.
- [5] D. Estrin, C. Farinacci, and et al, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode(PIM-SM): Protocol Specification," *RFC 2362*, June 1998.
- [6] A. Ballardie, "Core Based Trees (CBT version 2) Multicast Routing," *RFC 2189*, Sep. 1997.
- [7] K. Obraczka, "Multicast Transport Protocols: A Survey and Taxonomy," *IEEE Communications Magazine*, Jan. 1998, pp.94-102.
- [8] K. Almeroth, "The Evolution of Multicast: From the Mbone to Interdomain Multicast to Internet2 Deployment," *IEEE Network*, Jan. 2000, pp.10-20.
- [9] S. Pingali, *Protocol and Real-Time Scheduling Issues For Multimedia Applications*, Ph.D. thesis, Jain University of Massachusetts, Amherst, Sep. 1994.
- [10] H. Holbrook, S. Singhal, and D. Cheriton, "Log-based Receiver-Reliable Multicast for Distributed Interactive Simulation," *Proc. ACM SIGCOMM 1995*, pp.328-341.
- [11] B. Levine and J. J. Garcia-Luna-Aceves, "A Comparison of Known Classes of Reliable Multicast Protocols," *Proc. IEEE International Conference on Network Protocols 1996*, pp.

- 112-121.
- [12] S. Pingali, D. Towsley, and J. Kurose, "A Comparison of Sender-Initiated and Receiver-Initiated Reliable Multicast Protocols," *Performance Evaluation Review*, May 1994, pp.221-230.
- [13] S. Ramakrishnan and B. N. Jain, "A Negative Acknowledgment with Periodic Polling Protocol for Multicast over LAN," *Proc. IEEE INFOCOM 1987*, pp.502-511.
- [14] D. D. Clark, M. L. Lambert, and L. Zhang, "NETBIT: A High Throughput Transport Protocol," *Proc. ACM SIGCOMM 1993*, pp.353-359.
- [15] S. Paul, K. Sabnani, and B. Kristol, "Multicast Transport Protocols for High Speed Networks," *International Conference on Network Protocols*, 1994, pp.4-14.
- [16] R. Yavatkar, J. Griffioen, and M. Sudan, "A Reliable Dissemination Protocol for Interactive Collaborative Applications," *Proc. ACM Multimedia 1995*, pp.333-344.
- [17] S. Paul, K. Sabnani, J. Lin, and S. Bhattacharyya, "Reliable Multicast Transport Protocol (RMTP)," *IEEE Journal of Selected Areas in Communications* 15(3), Apr. 1997, pp.407-421.
- [18] J. M. Chang and N. F. Maxemchuk, "Reliable Broadcast Protocol," *ACM Transactions on Computer Systems* 2(3), 1984, pp.251-273.
- [19] B. Whetten, S. Kaplan, and T. Montgomery, "A High Performance, Totally Ordered Multicast Protocol," *Theory and Practice in Distributed Systems*, International Workshop, LNCS 938, 1994.
- [20] E. W. Biersack, "Performance Evaluation of REC in ATM Networks," in *Proceedings of the ACM SIGCOM*, Baltimore, MD, Aug. 1992.
- [21] M. Hofmann, *Scalable Multicast Communication in Wide Area Networks*, Ph.D Thesis (in German), Institute of Telematics, University of Karlsruhe, Germany, Infix Publisher, Feb. 1998.
- [22] W. R. Stevens, *TCP/IP Illustrated : The Protocols*, Addison-Wesley Publishing Company, USA, Oct. 1995.
- [23] H. Eriksson, "MBone: the multicast backbone", *Communications of the ACM*, 37(8), 1994, pp.54-60.

강 필 용

정보과학회논문지 : 정보통신  
제 28 권 제 1 호 참조

신 용 태

정보과학회논문지 : 정보통신  
제 28 권 제 1 호 참조