

고속 인터넷 환경에서 공유 트리 기반 멀티캐스트 RP 재선정 기법

이 동 림[†] · 윤 찬 현^{††}

요 약

인터넷에서 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 멀티캐스트 프로토콜은 트리 구성 방식에 따라 공유 트리 방식과 소스 기반 트리 방식으로 나눌 수 있는데, 공유 트리 방식이 확장성 측면에서 보다 우수하다고 알려져 있다. 공유 트리 방식에서 QoS를 만족시키기 위해 고려해야 할 핵심 사항 중 하나인 RP (Rendezvous Point) 선정에 대하여 일반적으로 QoS 제약 조건에 따라 별도의 과정을 거쳐 RP를 계산하는 방식으로 연구가 되고 있다. 또한, 멀티캐스트 그룹 멤버가 동적으로 가입 또는 탈퇴를 할 경우에는 초기에 설정된 RP가 신규 멤버까지는 QoS를 만족시키지 못하는 경우가 발생하게 되므로, 신규멤버 까지 QoS를 보장하는 새로운 RP를 재선정할 필요가 있는데, RP재선정에 관한 기존 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 논문에서는 공유 트리 방식에서 RP 초기 선정 방식과 RP 재선정 방식에 RTCP (Real Time Control Protocol) 패킷을 이용하는 새로운 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방식은 멀티미디어 서비스를 제공할 때 이용하는 RTCP 패킷을 그대로 활용함으로써 RP계산을 위한 별도의 정보 수집 과정을 필요로 하지 않는다. 모의 실험을 통하여 제안된 방식이 초기 RP선정 시에는 임의 선정, 위상 기반 선정 방식보다 40~50% 정도, 멀티캐스트 그룹멤버의 동적 변화 시에는 초기 RP를 그대로 이용하는 방식보다 50% 정도의 개선 효과를 보였다.

키워드 : 멀티캐스트, QoS라우팅, 실시간, 공유트리, 코어

Shared Tree-based Multicast RP Re-Selection Scheme in High-Speed Internet Wide Area Network

Dong-Lim Lee[†] · Chan-Hyun Youn^{††}

ABSTRACT

Multicast Protocol for multimedia service on the Internet can be classified into two types, e.g., source based tree and shared tree according to difference of tree construction method. Shared tree based multicast is known to show outstanding results in the aspect of scalability than source based tree. Generally, There have been lots of researches on the method to satisfy QoS constraints through proper Rendezvous Point (RP) in the shared tree. In addition, as the multicast group members join and leave dynamically in the service time, RP of the shared tree should be reselected for guaranteeing QoS to new member, But, RP reselection method has not been considered generally as the solution to satisfy QoS constraints. In this paper, new initial RP selection and RP reselection method are proposed, which utilize RTCP (Real Time Control Protocol) report packet fields. Proposed initial RP selection and RP reselection method use RTCP protocol which underlying multimedia application service. So, the proposed method does not need any special process for collecting network information to calculate RP. New initial RP selection method shows better performance than random and topology based one by 40~50% in simulation. Also, RP reselection method improves delay performance by 50% after initial RP selection according to the member's dynamicity.

Key word : multicast, QoS Routing, real-time, shared tree, RP

1. 서 론

최근 인터넷에서 영상 회의, 원격강의, 주문형 비디오 등과 같은 음성 및 영상 정보 중심의 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 인터넷 전화, Real Audio와 같은 스트리밍 오디오 비디오 서비

스 등은 폭발적으로 성장하는 멀티미디어 서비스의 한 예로 들 수 있는데, 이러한 멀티미디어 서비스를 멀티캐스트 기반으로 제공하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다[1].

멀티캐스트 경로설정과 관련된 프로토콜로 DVMRP(Distance-Vector Multicast Routing Protocol), MOSPF (Multicast Extensions to OSPF), PIM-DM(Protocol-Independent Multicast Dense Mode), PIM-SM(Protocol-Independent Mode Sparse Mode), CBT(Core-Based Trees), BGMP(Border Gateway Multicast Protocol) 등이 제안되어 있다 [1]. 이 중에서 CBT와 PIM-SM와 같은 프로토콜은 공유 트리

* 본 연구는 정보통신부 선도기반개발사업(200-S-11) 및 BK21사업 지원으로 수행되었습니다.

† 준 회 원 : 하나로통신 정보망계획팀 과장

†† 정 회 원 : 한국정보통신대학원 대학교 교수

논문접수 : 2000년 10월 31일, 심사완료 : 2000년 12월 29일

방식으로 확장성 측면에서 우수한 것으로 알려져 있다[2].

이러한 공유 트리 방식에서는 RP(Rendezvous Point) 또는 코어 선정이 멀티캐스트 그룹 멤버간의 지연, 지연변이, 패킷 손실과 같은 QoS에 미치는 영향이 크기 때문에, 정교한 RP 또는 코어 선정 기법을 필요로 한다[3].

또한, 멀티캐스트 그룹 멤버가 동적으로 가입과 탈퇴를 하게 됨에 따라, 신규 가입 멤버는 기존에 설정된 RP로부터 멀티캐스트 패킷을 받게 됨으로써, 지연이나 지연변이 등과 같은 QoS 요구 조건을 만족하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, 동적으로 멀티캐스트 그룹 멤버가 변하는 경우에는 새로운 RP 또는 코어를 다시 선정하여 신규 멤버를 포함하여 전체 그룹 멤버 모두에게 QoS 요구 조건을 만족시켜야 한다[4].

본 논문은, 실시간 멀티미디어 서비스 중에서 RTP/UDP/IP-multicast를 이용하는 실시간 멀티미디어 서비스 모형을 가정하고, 이러한 서비스 모형에 근거하여 RP를 초기 선정하고 멀티캐스트 그룹 멤버의 동적 변화에 따라 재선정 과정이 필요할 때 RTCP패킷의 필드를 이용하는 방식을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 기존 RP 선정 알고리즘에 대하여 기술하고, 3장에서는 RP를 초기선정하고 재선정하는 새로운 제안 방식에 대하여 설명하며, 4장에서는 제안한 방식에 따른 모의 실험 결과들을 보여준다. 끝으로 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 기존 RP 선정 관련 연구

2.1 초기 RP 선정 관련 연구

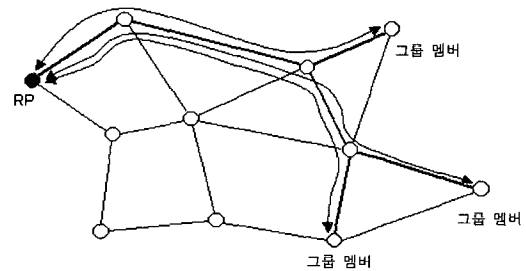
기존 RP 기반 멀티캐스트 경로설정 알고리즘 연구에서 초기 RP를 선정하는 방법은 QoS 제약조건을 기반으로 RP를 선정하는 방법과 QoS 제약조건을 이용하지 않고 RP를 선정하는 방법으로 나눌 수 있다.

초기 RP를 선정할 때 QoS제약 조건을 기반으로 RP를 선정하는 방법은 대역폭, 지연, 지연변이와 같은 여러 가지 QoS 제약조건을 모두 만족하는 노드를 RP로 선정하는 방법으로, 대표적인 알고리즘으로 QCSA(QoS-based Core Selection Algorithm)을 들 수 있다. 이 알고리즘은 먼저 멀티캐스트 후보 코어(RP)를 선정하여 이 코어로부터 멀티캐스트 그룹 내의 모든 멤버까지 다중QoS 요구 조건을 만족하는 경로들을 계산하고, 이 경로들을 바탕으로 모든 멤버까지 QoS를 만족하는 코어(RP)를 선택한다[5].

QoS 제약조건을 이용하지 않고 RP를 선정하는 방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 즉, 임의의 RP선정 알고리즘(Random), 위상기반 RP선정 알고리즘(Topology-based), 그룹 기반 RP 선정 알고리즘(Group based)으로 각각의 알고리즘 범주 안에는 다양한 RP선정 알고리즘들이 제안되어

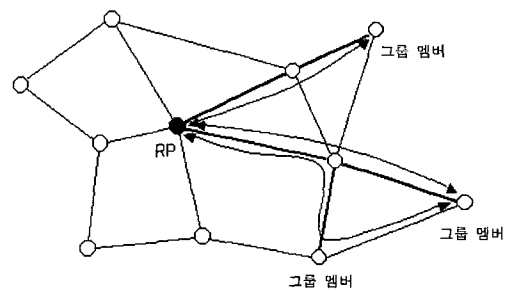
있다[3].

임의의 RP선정 알고리즘(Random)은 멀티캐스트 그룹, 네트워크 위상, 이전 RP에 대한 정보 등과 같은 사전 정보를 바탕으로 하지 않고 임의로 RP를 선정하는 방법으로, 멀티캐스트 그룹 멤버 여부와 상관없이 임의로 선택하거나 그룹 멤버 중에서 임의로 선택하는 방식이다. (그림 1)은 임의로 선택한 RP가 잘못 선정된 경우를 보여주고 있다. 이 방식을 사용하여 RP를 선정하게 되면 어떤 정보도 필요치 않게 되므로 간단하며 계산 복잡도가 최소인 장점을 보이지만, 평균 지연이 다른 방식보다 훨씬 커지게 되는 등 성능이 저하되는 단점이 있다.



(그림 1) 임의의 RP 선택 방식의 예

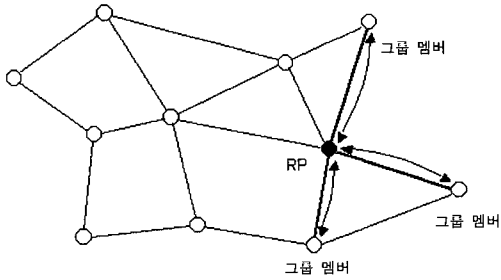
위상 기반 RP 선정 알고리즘(Topology-based)은 위상 정보만을 기반으로 RP를 선정하는 방식으로 전체 위상 정보를 사전에 필요로 하고, RP가 그룹 멤버의 변화에 따라 쉽게 바뀌지 않는다. 따라서 여러 멀티캐스트 그룹들의 RP가 네트워크 중심에 밀집되게 됨으로써 트래픽이 한 곳에 집중되는 단점을 보인다. (그림 2)는 가장 높은 node degree를 보이는 노드를 RP로 선정한 예를 보여준다.



(그림 2) 위상 기반 RP 선택 방식의 예

마지막으로, 그룹 기반 RP 선정 알고리즘은 멀티캐스트 그룹 내의 송신 노드와 수신 노드의 위치 정보를 바탕으로 RP를 선정한다. 따라서, (그림 3)과 같이 멀티캐스트 멤버의 분포에 따라 효율적인 RP를 선택할 수 있는 장점이 있지만, 위상과 그룹 멤버에 대한 정보를 사전에 모두 가지고 있어야 하는 단점이 있다.

각각의 RP 선정 알고리즘의 특징은 <표 1>에서 비교 정리하였는데, 현재는 QoS 제약 조건 기반의 알고리즘에 대



(그림 3) 그룹 기반 RP 선택 방식의 예

하여 많은 연구가 진행되고 있으나, QoS 제약 조건을 모두 고려해야 하므로 계산 복잡도가 $KO(V^2)$ 으로 높은 점이 단점으로 지적되고 있어[6], 실제 네트워크에 적용하기 위해서는 계산 복잡도를 줄이는 연구가 앞으로도 계속 진행되어야 할 것으로 보인다. 위에서 설명한 임의의 RP설정을 제외한 모든 기존 RP 선정 방법들은 네트워크의 위상 정보를 사전에 모두 알고 있다는 가정을 바탕으로 하였으므로, 다양한 AS(Autonomous System)들로 이루어진 실제 WAN 환경에 적용하기에는 다소 제한적이다.

<표 1> RP 선정 알고리즘 비교

구분	QoS 제약조건 기반	임의 선정	위상 기반 선정	그룹 기반 선정
필요 정보	네트워크 위상, 그룹 멤버, QoS, 대역폭	없음	네트워크 위상	네트워크 위상, 그룹 멤버
계산량	가장 많음	작음	중간	많음
장점	다중 QoS 조건 보장	계산 간단	계산 간단	멤버분포에 따라 최적 선택
단점	계산 복잡	전체 성능 저하	네트워크 중심에 RP 밀집	계산 복잡

2.2 RP 재선정 관련 연구

초기 RP가 선정된 이후 멀티캐스트 멤버가 동적으로 변화함에 따라 RP를 재선정 하는 방식에 관해서 기존에 연구되었던 방식을 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 멤버 변화의 동적 민감도를 기준으로 RP를 재선정하는 방식[4]이고, 또 다른 방식은 정기적으로 최적의 RP를 계산하여 재선정하는 방식이다[7].

멀티캐스트 멤버 변화의 동적 민감도를 기준으로 RP를 재선정하는 방식은 이전 멀티캐스트 멤버 수 대비 가입 또는 탈퇴한 멤버수의 비율을 동적 민감도를 기준으로 설정하여 RP를 재선정하는 방법으로 멤버 수의 크기 측정기법과 RP이동 기법이 요구된다. 정기적으로 최적의 RP를 계산하여 재선정하는 방식은 RP에서 정기적으로 전체 트리에 대한 최적의 RP를 계산하여 재선정하는 방식이다.

RP 재선정 프로세스와 RP를 실제 이동시키는 프로세스로 인해서 많은 오버헤드가 필연적으로 발생되는데, 기존의 연구에서는 이러한 오버헤드를 최소화 하고 RP를 재선정함으로써 얻어지는 QoS 성능 개선을 극대화하는 방식에 대한 연구가 미흡하다. 본 논문에서 RP를 재선정하기 위한

별도의 프로세스를 필요로 하지 않고, 실시간 멀티미디어 응용프로그램이 기본적으로 이용하는 RTP/RTCP를 이용함으로써 RP 재선정을 위한 QoS정보 수집에 소요되는 오버헤드를 최소화하는 새로운 RP 초기선정 및 재선정 방식을 제안한다.

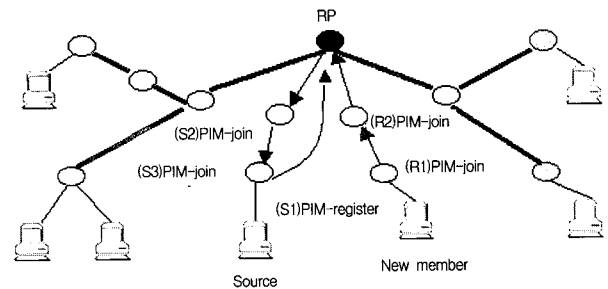
3. 제안 방식

3.1 서비스 및 네트워크 모형

본 논문은 실시간 멀티미디어 어플리케이션의 지원을 목표로 하였고, RTP/UDP/IP-multicast를 이용하여 다자간에 이루어지는 화상회의, 원격강의, 주문형 비디오와 같은 실시간 멀티미디어 서비스 모형을 가정한다.

이러한 서비스를 위해서 네트워크 환경을 WAN으로 가정하고, 멀티캐스트 그룹 멤버가 네트워크에 밀집해 있지 않고 산재해 있는 분포를 가정한다. 이러한 네트워크 모형에 가장 적합한 멀티캐스트 프로토콜로 PIM-SM을 들 수 있는데, (그림 4)는 PIM-SM 프로토콜이 적용된 네트워크에서의 그룹 멤버 분포와 송/수신자가 RP에 그룹 멤버로 신규 가입하는 절차를 보여준다. 소스는 자신을 대신하여 멀티캐스트 가입 메시지를 전송할 Designated Router (DR)에 IGMP프로토콜을 통하여 특정 멀티캐스트 그룹에 참여하기를 요구하면, DR에서는 RP에 유니캐스트로 PIM-레지스터(register) 메시지를 보내고, RP에서는 응답으로 DR에 PIM-가입(join) 메시지를 보내어 소스로서 멀티캐스트 패킷을 보내도록 허락하게 된다. 한 노드가 수신자로 멀티캐스트 그룹에 가입하고자 할 경우에도 소스 가입 시와 마찬가지로 수신자에서 DR로 IGMP join메시지를 보내면 DR에서 RP로 PIM-join메시지를 보내어 수신자까지 트리를 구성하게 된다.

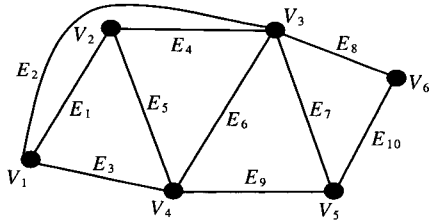
PIM-SM의 멀티캐스트 경로 설정 방식은 공유 트리 방식으로 멀티캐스트 패킷 모두가 RP로부터 수신자까지 공유 트리를 따라 전달되는 방식이다. 따라서, RP의 위치 선정은 소스에서 수신자간 종단간 지연, 지연변이와 같은 QoS 요소에 절대적인 영향을 미치게 된다.



(그림 4) PIM-SM에서 신규 소스 및 멤버의 가입 절차 개념도
본 논문에서의 서비스 및 네트워크 모형은 다자간에 상호

대화형으로 이루어지는 실시간 멀티미디어 서비스 모형과 RP를 중심으로 멀티캐스트 트리를 형성하는 공유 트리 방식의 네트워크 모형을 가정한다.

네트워크 모형은 그래프 $G = (V, E)$ 로 표현하며, 여기서 V 는 꼭지점(Vertex)의 집합을 나타내고, E 는 모서리(Edge)의 집합을 나타낸다. 그래프의 꼭지점은 라우터 또는 스위치인 노드를 의미하고, 그래프의 모서리는 노드간의 링크를 의미한다. (그림 5)는 그래프 $G = (V, E)$ 의 예이다.



(그림 5) 그래프 $G = (V, E)$ 의 예

본 논문에서 고려하는 멀티캐스트 환경은, 네트워크의 $s \in V$ 인 송신자 노드에서 발생한 패킷이 $M \subseteq V - \{s\}$ 인 수신자 노드들의 집합으로 전송되는 것을 의미하고, 모든 수신자 노드는 동시에 송신자 노드가 되어 멀티캐스트 그룹에 참여한다. 여기서 $M \cup \{s\}$ 로 표현되는 노드들의 집합이 멀티캐스트 그룹에 해당된다. 멀티캐스트 그룹 $M \cup \{s\}$ 의 멤버는 그래프 상의 노드 $v \in V$ 중에서 임의로 선택된다. 멀티캐스트 패킷은 송신자 노드 s 로부터 수신자 노드 집합 M 으로, 멀티캐스트 트리 $T = (V_T, E_T)$ 의 링크를 통해서 전송된다. 멀티캐스트 트리는 $V_T \subseteq V, E_T \subseteq E$ 이고, s 에서 $M \cup \{s\} \subseteq V_T$ 인 M 의 노드들에 걸쳐서 구성되는 G 의 부분 그래프이다.

3.2 초기 RP 선정 방식

초기 RP 선정방식으로 네트워크 위상 정보에 대한 사전 지식을 바탕으로 RP를 설정하는 여러 방법들이 제안되었는데, QoS 기반 RP 선정 알고리즘(QCSA)[5], 최단거리로부터 계산된 각 노드의 가중치를 바탕으로 RP를 선정하는 알고리즘[8]들이 그 대표적인 방법으로 꼽을 수 있다. 이와 같은 방식들은 네트워크 노드 및 링크에 대한 정보를 사전에 알고 있다는 가정을 바탕으로 여러 가지 QoS 제약 조건을 만족하는 최적의 RP를 선정하는 과정을 거쳐서 RP를 선정하게 된다. QCSA 알고리즘의 경우에는 최적의 RP를 선정하기 위해, 속도비례 서비스 규칙이 적용된 네트워크에서 최소 보장 대역폭, 중단 지연, 중단 지연변이를 동시에 고려하게 된다. 이때 각각의 QoS 제약 조건은 아래 식 (1), 식 (2), 식 (3)과 같이 표현된다.

홉 i 의 잔여 대역폭이 r_i 일 때, 경로 p 에서 요청할 수 있는 최소 보장 대역폭의 최대값은 식 (1)로 표현된다.

$$r(p) = \min\{r_i \mid i \in p\} \tag{1}$$

경로 p 가 홉 i 의 링크 용량이 C_i 인 n 홉으로 구성되어 있고, 트래픽 소스가 리키 버킷 (σ, b)로 제한되면, 중단 지연은 식 (2)로 표현된다.

$$d(p, r, b) = \frac{b_i + n \cdot L_{max}}{r_j} + \sum_{i=1}^n \frac{L_{max}}{C_i} + \sum_{i=1}^n d_i^{prop} \tag{2}$$

여기에서 $r_j (r \geq \sigma)$ 는 플로우 j 에서 예약가능한 대역폭이고, L_{max} 는 네트워크에서의 최대 패킷 크기이고, d_i^{prop} 는 전파 지연 시간이다.

마지막으로, 중단 지연변이는 식 (3)으로 표현된다.

$$j(p, r, b) = \frac{b_j + n \cdot L_{max}}{r_j} \tag{3}$$

위의 식들은 플로우별 대역폭, 지연, 지연변이 등의 관계를 나타내고 있다. 대역폭 제한 $R (R \geq \sigma)$, 지연 제한 D , 지연변이 제한 J , 리키 버킷 (σ, b)일 때, $r(p) \geq R, d(p, r, b) \leq D, j(p, r, b) \leq J$ 의 여러 가지 QoS 제약 조건을 만족하는 경로 p 를 계산한다.

이와 같이 QCSA 알고리즘에서는 네트워크 노드 및 링크에 대한 정보를 사전에 알고 있다는 가정을 바탕으로 식 (1), 식 (2), 식 (3)의 다중 QoS 제약 조건을 만족하는 경로를 계산한 다음, 이를 바탕으로 코어(RP)를 선정함으로써 계산 복잡도가 높아지게 된다. 따라서 실시간 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서는 계산 복잡도를 대폭 줄여야 하는 문제를 가지고 있다.

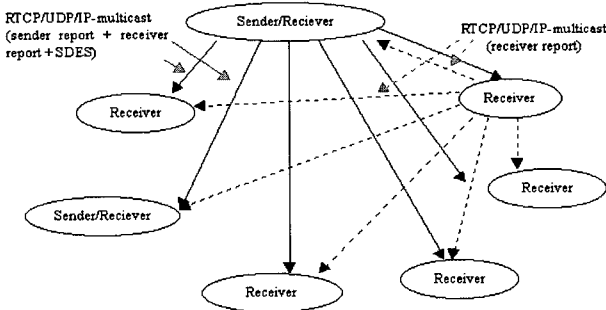
그러나, 본 논문에서 제안하는 방식은 (그림 6)과 같은 RTP/UDP/IP-multicast 서비스 모델을 기반으로 RP를 선정하는 방식으로 RTCP 패킷으로부터 QoS 정보를 수집함으로써 별도의 정보 수집 절차를 필요로 하지 않는다. 이 방식은 RTCP[9] 수신자 통보(RTCP receiver report) 패킷의 필드를 이용하여 멀티캐스트 그룹 멤버 각각으로부터 QoS 요소 값을 판별하고, 그 값으로부터 초기 RP로 선정한다.

Multicast Application	
RTP, RTCP	
UDP	TCP
IP	
Data Link	
Physical	

(그림 6) 멀티캐스트 서비스 계층별 분류

멀티캐스트 그룹 멤버는 RTCP 수신자와 송신자로서 이들간에는 (그림 7)에 표시된 방식으로 메시지를 교환하게 된다. 이때 RTCP 송신자 통보 (RTCP sender report) 패킷

과 RTCP 수신자 통보 (RTCP receiver report) 패킷의 일부 필드를 이용하여 도착시간 지연변이, 지연, 패킷 손실율, 목적지간 지연 변이 값을 계산할 수 있다.



(그림 7) RTCP 통보 방식

(그림 8)은 RTCP 송신자 통보 패킷의 각 필드를 보여주고 있는데, RTCP 수신자 통보 패킷은 이 중 송신자 정보 (sender information) 만을 제외하고 다른 필드는 모두 같다.

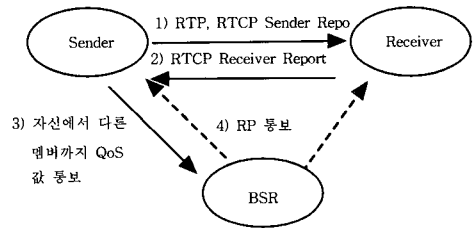
지연은 통보 블록 수신(reception report block) 시간에서 RTCP 수신자 통보 패킷의 이전 송신자 보고 후 지연 (Delay since last sender report)와 이전 송신자 보고 시간 (Time of last sender report) 필드의 값을 빼면 구할 수 있고, 도착시간 지연변이와 패킷 손실율은 RTCP 수신자 통보 패킷의 도착시간 지터(Inter-arrival jitter) 필드와 누적 손실 패킷 수(Cumulative number of packet lost) 필드를 이용함으로써 구할 수 있다. 목적지간 지연변이는 송신자에서 각 멀티캐스트 그룹 멤버부터 받은 지연 값의 차이로부터 구할 수 있다.

따라서, RTCP/UDP/IP-multicast를 이용하여 초기 RP를 선정하는 방식에서는 QoS 요소로 지연과 도착시간 지연변이, 패킷 손실율, 목적지간 지연변이 중에서 선택하여 설정하고, 각 멀티캐스트 그룹 멤버 중에서 이러한 QoS 제한 요소를 만족시키는 노드를 초기 RP로 설정한다.

V	P	RC	PT	Length	Header
SSRC					
NTP timestamp (most sig word)					Sender information
NTP timestamp (least sig word)					
RTP timestamp					
Sender's packet count					
Sender's octet count					Report block 1
SSRC 1 (SSRC of the first source)					
FL	Cumulative number of packet lost				
Extended highest sequence number of received					
Inter-arrival jitter					
Time of last sender report					Report block 2.....
Delay since last sender report					
⋮					

(그림 8) RTCP 송신자/수신자 통보 패킷

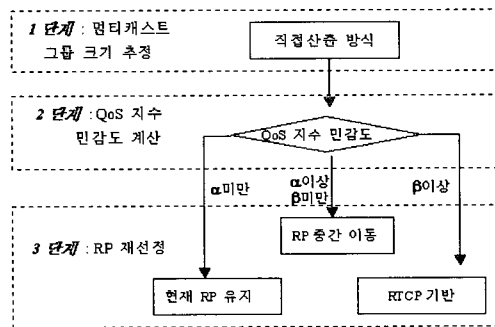
위와 같은 방식으로 RP를 초기 선정하기 위해서는 전체 프로세스를 주관하는 서버가 필요한데, 이는 PIM-SM에서 사용하는 BSR (Bootstrap Router)를 이용한다[10]. (그림 9)는 그룹 각 멤버들과 BSR 간에 초기 RP를 선정하기 위한 절차를 보여준다. 먼저, 송신자가 모든 수신자 멤버로부터 RTCP 수신자 통보 패킷을 받아서 BSR에 QoS요소 값을 통보한다. BSR에서는 모든 송신자로부터 QoS 요소 값을 통보받아 QoS 요소 기준 값을 만족시키는 송신자를 그 멀티캐스트 그룹의 RP로 결정하여 각 그룹 멤버에게 통보한다.



(그림 9) 초기 RP 선정 절차

3.3 RP 재선정 방식

멀티캐스트 그룹 멤버의 동적 변화에 따라 RP를 재선정하는 방식은 (그림 10)과 같이 3단계로 구분한다. 1단계는 전체 멀티캐스트 그룹의 크기를 추정하는 단계로 직접 산출 방법을 사용하고, 2단계는 QoS 요소 기준 값을 만족시키지 못하는 그룹 멤버 수를 측정하여 QoS 지수 민감도를 계산하는 단계이다. 2단계에서 구한 QoS 지수 민감도를 기준으로 3단계에서는 RP를 재선정하는 방식을 결정한다.



(그림 10) RP 재선택 단계

3.3.1 단계 1 : 멀티캐스트 그룹 크기 추정

RTCP 통보 패킷을 이용하면 멀티캐스트 그룹 멤버의 수를 추정할 수 있다. 이것은 모든 멀티캐스트 그룹 멤버가 주기적인 RTCP 송신자/수신자 통보를 하고, 이 정보를 모든 그룹 멤버가 수신할 수 있기 때문에 가능하다. RTCP 통보 패킷을 이용하여 멀티캐스트 그룹 크기를 추정하는 방법을 직접 산출(direct counting) 기법이라 하는데[9], 본 논문에서는 이 기법을 이용하여 RP를 재선정하는 방식을

제안한다. 직접 산출기법은 송신자에서 보낸 RTCP 송신자 통보 패킷의 응답으로 각 수신 멤버가 보낸 RTCP 수신자 보고 패킷의 “SSRC of sender” 필드를 식별하여 전체 수신 멤버 수를 계산한다.

3.3.2 단계 2 : QoS 지수 민감도 계산

멀티캐스트 그룹 멤버가 동적으로 변화를 하게 되면 초기 RP를 그대로 적용할 경우 신규 가입 멤버들까지의 QoS 요소 값은 기존 값을 만족하지 못하는 경우가 발생하게 된다. 따라서 RP를 재선정하여 QoS 요소 기준 값을 모든 멤버들이 만족할 수 있도록 해야 한다. 본 논문에서는 RP를 재선정하기 위한 기준으로서 QoS 지수 민감도(QoS Parameter Sensitivity)를 정의하고 QoS 지수 민감도를 threshold 값으로 설정하여 RP를 재선정한다.

- (가정 1) 현재 RP로 선정된 노드는 송신자 노드가 되어 모두 RTCP 송신자 통보 패킷을 전체 멤버에 전송하며, 이를 수신한 모든 수신자 노드는 이에 대한 응답으로 RTCP 수신자 통보 패킷을 전체 멤버에 전송한다. 따라서 현재 RP에서 QoS 요소 기준 값을 만족하지 못하는 수신자 멤버 수를 계산한다고 가정한다.
- (가정 2) 현재 RP에서는 직접 산출 방법을 통하여 현재 멀티캐스트 그룹 멤버 크기를 추정한다고 가정한다.
- (정의) 위의 두 가지 가정을 바탕으로 현재 (t) 시점에서의 QoS 지수 민감도 (QPS(t))를 정의한다.

$$QPS(t) = \frac{U(t)}{L(t)}$$

U(t) : 현재 RP에서 시간 t에 보낸 RTCP 송신자 통보 패킷에 대한 응답으로 각 수신자 멤버로부터 받은 RTCP 수신자 통보 패킷으로부터 계산된, QoS 요소 기준 값을 만족시키지 못하는 멤버 수

L(t) : 현재 RP에서 시간 t에 보낸 RTCP 송신자 통보 패킷에 대한 응답으로 각 수신자 멤버로부터 받은 RTCP 수신자 통보 패킷으로부터 직접 산출 방식으로 계산된 전체 멀티캐스트 그룹 멤버 수

QoS 지수 민감도는 현재 선정된 RP에서 수행되고, RTCP 수신자 통보 패킷 전송 간격에 따라 정기적으로 구할 수 있게 되므로 RP 재선정 절차도 RTCP 수신 통보 패킷 전송 간격에 따라 수행된다.

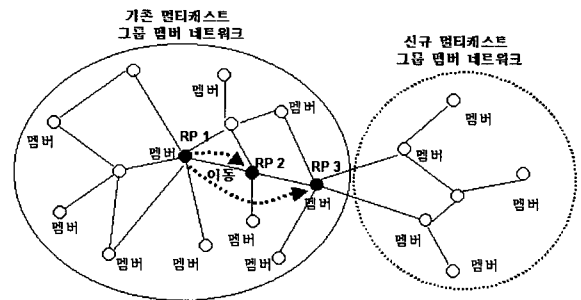
3.3.3 단계 3 : RP 재선정

RP 재선정 절차는 크게 세 가지로 나눈다. 각 부분은 QoS 지수 민감도의 threshold 값을 기준으로 구분한다. 이 threshold 값은 α 와 β 두 값으로 나눈다($0 < \alpha < \beta < 1$).

QoS 지수 민감도 값이 α 미만일 경우에는 현재 RP를 그대로 유지하고, α 이상 β 미만일 경우에는 중간이동을 하게 되고, β 이상일 경우는 초기 RP 선정과 같은 방법을 사용한다. 따라서, α 와 β 값의 선정에 따라 RP 변화의 민감도가 달라지게 된다.

중간이동 방법은 현재 RP에서 RTCP 수신자 통보 패킷을 각 멤버로부터 정기적으로 수신하면, QoS 제한 조건을 만족하지 못하는 멤버로부터의 RTCP 수신자 통보 패킷 입력 인터페이스를 기록하여 그 수치가 가장 높은 인터페이스의 이웃 노드를 BSR에 통보하여 RP로 선정하는 방식이다.

(그림 11)은 RP를 기존 멀티캐스트 그룹 멤버에 신규 멤버가 가입함에 따라 RP를 재선정하는 세 가지 방식을 보여준다. RP1은 초기RP 선정, RP2는 중간이동 방식을, RP3는 초기 RP 선정과 같은 완전 재선정 방식을 나타낸다.



(그림 11) RP 재선정 방식

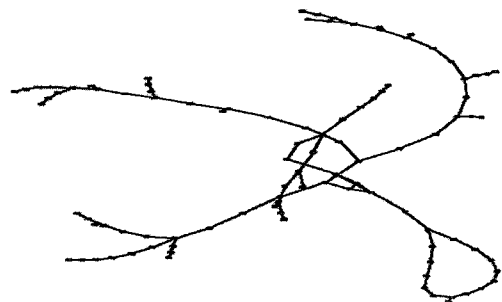
초기 RP선정방식과 마찬가지로 RP를 재선정하기 위해서 전체 프로세스를 주관하는 BSR(Boot Strap Router)을 이용한다.

제안하는 RP 재선정 방식을 따르게 되면 RP재선정과 관련한 기존 프로세스가 BSR에서 신규RP를 선정하고 이를 각 그룹 멤버에 전달하는 과정으로 단순화 되어 오버헤드를 많이 줄일 수 있다.

4. 모의 실험

본 논문에서는 모의 실험을 NS-2 Simulator를 이용하여 실시하였는데, 제안한 알고리즘에 따라 RP를 초기 선정하고 재선정하는 방식을 기존 방식과 비교하여 성능을 평가하였다.

모의 실험에서는 (그림 12)와 같이 Topology generator인 Tiers를 이용하여 기존 멀티캐스트 그룹 토폴로지를 구성

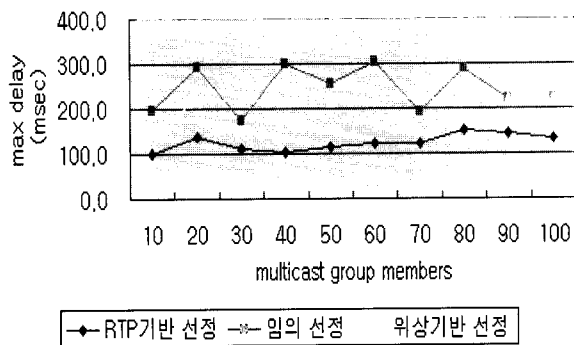


(그림 12) 모의 실험 네트워크 토폴로지

하고 여기에 새로운 멀티캐스트 멤버를 추가하는 모델을 설정하였다. 기존 멀티캐스트 멤버 수와 신규 멀티캐스트 그룹 멤버는 각각 5개에서 50개까지 5개씩을 증가시켜 전체 그룹 멤버수가 최대 100개까지 되도록 확장하였다.

(그림 13)은 초기 RP선정방식에 따라 최대지연 시간을 측정된 결과를 보여준다. 본 모의 실험에서는 여러 가지 QoS 요소 중에서 그룹 멤버간 최대 지연 시간을 그 기준 값으로 설정하여, 제안한 RTP 기반의 초기 RP 선정 방식을 기존의 초기 RP선정 방식 중에서 임의의 RP선정 방식(Random), 위상 기반 RP 선정 방식(Topology based)과 비교하였다.

(그림 13)의 측정 결과, 제안한 RTP기반의 RP 선정 방식이 다른 방식과 비교하여 비교적 우수한 결과를 보여주고 있다. 임의 선정 방식은 RP를 임의로 선정하기 때문에 다른 방식보다 결과 편차가 훨씬 크고, 위상 기반 선정 방식은 RP 변화가 없으므로 멤버가 변화한다 하여도 멤버간의 최대 지연시간은 비교적 일정한 결과치를 보여준다. 전체 측정결과와 평균에서는 제안된 RTP 기반의 RP 선정방식이 임의 선정 RP 방식, 위상 기반 RP 선정 방식보다 각각 49.3%, 41.7%의 개선 효과를 보여준다. 이 결과로부터 제안된 RTP 기반의 초기 RP 선정 방식이 실시간 서비스에서 RTCP패킷을 바탕으로 멤버 중에서 지연 제약 조건을 만족시키는 최선의 멤버를 RP로 선정하기 때문에 멤버 수 증가에 따라서 비교적 안정적이고 우수한 성능을 보인다는 것을 알 수 있다.

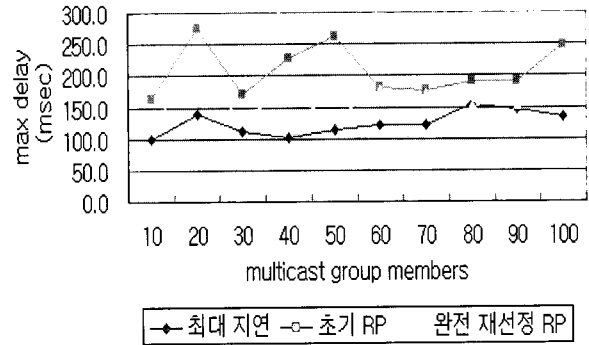


(그림 13) 초기 RP선정 방식에 따른 측정 결과

(그림 14)는 멀티캐스트 그룹의 동적 변화에 따라 RP를 재선정하였을 때 최대 지연 시간의 측정결과를 비교하여 보여준다. 최대 지연변이가 가장 낮은 결과치를 보인 그래프는 신규 멤버가 가입하지 않았을 때, 기존 멀티캐스트 그룹 내에서 RTP기반의 초기 선정 RP에 따른 최대지연 결과치를 보여준다.

(그림 14)의 측정 결과, RTP기반의 초기 선정 RP를 그대로 유지한 상태에서 신규 멤버가 가입하게 되면 최대 지

연 시간이 40.5% 증가하였으나, 완전 재선정 RP에서는 21.3% 증가하는데 그쳐 최대 지연 시간의 증가폭을 반으로 줄여준다. 또한 기존 그룹 멤버 수에 상관없이 거의 일정한 측정 결과를 보여 안정성 측면에서도 우수한 성능을 보인다.



(그림 14) RP재선정 방식에 따른 측정 결과

5. 결 론

본 논문에서는 RTP/UDP/IP-multicast를 이용하는 실시간 멀티미디어 서비스 모델을 가정하고, RP를 선정하기 위해 RTCP송신자/수신자 패킷의 필드는 이용하는 방식을 제안하였는데, 제안한 방식이 초기 RP 선정 시 기존 임의 선정 방식, 위상 기반 선정방식 보다 최대 지연 시간 측정에서 훨씬 우수한 성능을 보였고, 멀티캐스트 그룹 멤버의 동적 변화 시에도 초기 RP선정만을 이용하는 방식보다 전체적인 성능에서 우위에 있음을 모의 실험으로 보였다.

또한, 기존의 연구에서 미흡한 부분인 RP 재선정 방식에 본 논문이 제안하는 RTCP패킷을 이용함으로써, RP 재선정에 따르는 오버헤드를 최소화하고 동시에 전체적인 성능에서 많은 개선을 이룰 수 있었다. 제안 알고리즘은 기존 알고리즘보다 빠르고 일정한 특성 가지기 때문에, 고속 인터넷 환경에서 실시간 멀티미디어 서비스 제공에 적합하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Maufer, T. A., *Deploying IP Multicast in the Enterprise*, 1st Ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1998.
- [2] Billhartz, T., Cain, J. B., Farrey-Goudreau, E., Fieg, D., and Batsell, S. G., "Performance and Resource Cost Comparisons for the CBT and PIM Multicast Routing Protocols," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.15, No.3, pp.304-315, April 1997.
- [3] Calvert, K. L., Zegura, E. W., and Donahoo, M. J., "Core Selection Methods for Multicast Routing," *Proc. Int. Conf. on Computer Communications and Networks*, pp.638-642, July 1995.

- [4] A.D. Raghavendra, S. Rai, and S.S Iyengar, "Multicast Routing in Internetworks Using Dynamic Core Based Trees," Conf. Proc. of the 1996 IEEE 15th annual Int. Phoenix Conf. On the Computers and Communications, pp.232-238, March 1996.
- [5] Sung Mo Chung, Chan-Hyun Youn, "Core Selection algorithm for multicast routing under multiple QoS constraints," IEE Electronics Letters, Volume : 36 Issue : 4, 17 Feb. 2000, pp.278-279.
- [6] 정승모, "다중 QoS 제약형 네트워크에서의 멀티캐스트 코어 선택 알고리즘", 석사학위논문, pp.23-27.
- [7] Yih Huang, Fleur, E., McKinley, P. K., "LCM : a multicast core management protocol for link-state routing networks," Communications 1999. ICC'98. Conference Record. 1998 IEEE International Conference on, Volume : 2, 1998, pp.1197-1201
- [8] Hwa-Chun Lin, Shou-Chuan Lai, "VTDM-A Dynamic Multicast Routing Algorithm," Computer and Communications Societies, Proceedings, IEEE, Volume 3, 1998.
- [9] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP : A transport protocol for real-time applications," RFC 1889, Internet Engineering Task Force, Jan. 1996.
- [10] D. Estrin, D. Farinacci, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode(PIM) : Protocol Specification," RFC 2117.



이 동 림

e-mail : poohpooh@icu.ac.kr

1994년 한양대학교 전자공학과(학사)

2001년 한국정보통신대학원대학교 공학부 (석사)

1994년~1997년 데이콤 통신운용본부

1998년~1999년 하나로통신 개발1팀 대리

2001년~현재 하나로통신 정보망계획팀 과장

관심분야 : 차세대 인터넷, 멀티캐스트 라우팅, QoS 라우팅, ATM



윤 찬 현

e-mail : chyoun@icu.ac.kr

1981년 경북대학교 전자공학과(학사)

1985년 경북대학교 대학원 전자공학과(석사)

1994년 日本 東北大學 전기 및 통신공학과 (박사)

1981년~1983년 육군통신장교

1986년~1997년 한국통신 통신망연구소 연구팀장

1997년~현재 한국정보통신대학원대학교 부교수

관심분야 : 네트워크 성능측정, 라우팅 알고리즘, 멀티캐스팅 기법, 광 인터넷 등