

공유기반 트리 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 위한 후보 코어 선택 방법

황순환[†], 윤성대^{**}

요 약

코어 기반 트리 멀티캐스트 라우팅 프로토콜, PIM-SM, 코어 관리자 기반 멀티캐스트 라우팅 등에 의해 확립된 공유 기반 트리는 코어 또는 랑데뷰 포인트라는 센터 노드를 루트로 하는 구조이다. 공유 기반 트리에서 코어(또는 랑데뷰 포인트)로부터 멀티캐스트 그룹의 모든 구성원들에 대한 전송 경로는 가장 짧은 거리를 사용한다. 트리의 구성 비용은 코어에 의해 결정되고, 패킷들의 지연은 코어의 위치에 의해 좌우된다. 따라서 코어의 위치 선정은 비용과 성능 측면에 많은 영향을 끼친다. 본 논문에서는 후보 코어 그룹 선택을 위한 세 가지 방법을 제안하고자 한다. 제안한 최소 평균 비용 선택, 최대 차수 선택, 최대 가중치 선택 방법은 각각 임의의 선택 방법과 트리 비용, 평균 패킷 지연, 최대 패킷 지연의 세 가지 성능 평가 요소를 통해 비교하였다. 모의실험 결과 후보 코어 그룹 선택에 있어서 제안한 세 가지 방법이 임의의 선택방법보다 성능 평가 요소인 트리 비용, 평균 패킷 지연, 최대 패킷 지연 측면에서 더 낮은 결과를 보임으로써, 우수함을 입증하였다.

A Method of Selecting Candidate Core for Shared-Based Tree Multicast Routing Protocol

Soon-Hwan Hwang[†], Sung-Dae Youn^{**}

ABSTRACT

A shared-based tree established by the Core Based Tree multicast routing protocol(CBT), the Protocol Independent Multicast Sparse-Mode(PIM-SM), or the Core-Manager based Multicast Routing(CMMR) is rooted at a center node called core or Rendezvous Point(RP). The routes from the core (or RP) to the members of the multicast group are shortest paths. The costs of the trees constructed based on the core and the packet delays are dependent on the location of the core. The location of the core may affect the cost and performance of the shared-based tree. In this paper, we propose three methods for selecting the set of candidate cores. The three proposed methods, namely, k-minimum average cost, k-maximum degree, k-maximum weight are compared with a method which select the candidate cores randomly. Three performance measures, namely, tree cost, mean packet delay, and maximum packet delay are considered. Our simulation results show that the three proposed methods produce lower tree cost, significantly lower mean packet delay and maximum packet delay than the method which selects the candidate cores randomly.

Key words: Multicast Routing, Shared-Based Tree(공유 기반 트리), Core Based Tree(CBT)(코어 기반 트리), Candidate Core(후보 코어), Protocol Independent Multicast-Sparse Mode(PIM-SM)

* 교신저자(Corresponding Author) : 황순환, 주소 : 부산시 남구 대연3동 599-1(608-737), 전화 : (051)620-6398, FAX : (051)620-6390, E-mail : shhwang@dol.pknu.ac.kr
접수일 : 2004년 1월 30일, 완료일 : 2004년 3월 29일

[†] 준회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 강사

^{**} 정회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
(E-mail : sdyoun@pknu.ac.kr)

* 이 논문은 2003년도 두뇌한국21 사업에 의해 지원되었음

1. 서 론

최근 컴퓨터와 네트워크 기술의 발전에 따라 원격 회의, 주문형 비디오, 원격 교육 등 많은 새로운 서비스들이 생겨나게 되었다. 이러한 서비스들은 다수의 수신자들에게 대해 정확한 데이터 전송을 할 수 있는 네트워크를 요구한다. 연결형 패킷 교환망에서, 점대점(point-to-point) 통신의 경우 송신측은 수신측 그룹의 각각의 수신자에게 단일경로를 통해 데이터를 전송한다. 송신측은 하나의 데이터 패킷에 대해 다수개의 복사본을 생성한 후, 수신자 각각에게 전송한다. 이러한 경우 하나의 통신 링크상에 같은 패킷의 둘 이상의 복사본을 송신할 수도 있다. 그러므로 통신 링크의 대역폭은 같은 패킷의 사본을 제거함으로써, 더욱 더 효율적으로 사용되어질 수 있다. 따라서 이러한 동작을 수행하는 멀티캐스트 라우팅이 효율적이라 할 수 있다[1,9].

멀티캐스트 그룹에 속하는 수신자들에게 데이터를 전송하기 위해서는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 따르는 트리를 먼저 구성해야 한다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 크게 소스기반 트리(Source-Based Tree)와 공유기반 트리(Shared-Based Tree) 프로토콜로 나뉘어진다. 소스기반 트리는 하나의 송신자에서 각 수신자에 이르는 최단경로 트리를 구하여 데이터를 전송하는 방식으로, DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol), MOSPF(Multicast Extensions to Open Shortest Path First) 등의 종류가 있으며, 데이터의 전송지연 측면에서는 효율적이지만, 불필요한 제어 메시지 수의 증가에 따른 확장성의 문제를 갖는다[2,3].

공유기반 트리는 여러 송신자가 멀티캐스트 트리를 공유하는 방식으로, 송신자와 수신자 모두 센터 노드에 이르는 최단경로를 통해 데이터를 주고받는다. 이 방식은 소스기반 트리 방식에 비해 전송지연 시간이 길다는 단점이 있지만, 매우 우수한 확장성을 갖는 방식으로 PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode), CBT(Core Based Tree) CMMR(Core-Manager based Multicast Routing) 등의 종류가 있다. 특별한 송신자가 랑데부 포인트(RP: Rendezvous Point)라는 노드로 데이터를 전송한 후, 이 노드에서 멀티캐스트 그룹에 속하는 모든 멤버들에게 데이터를 보내는 방식을 rendezvous point 기반 멀티캐스팅이라 한다. 또한 공유기반 트리의 공유 트

리 라우터는 소스기반 트리와는 달리 각 그룹의 상태 정보만을 유지하면 된다.

PIM-SM은 대규모 네트워크에서 다양하게 분포되어 있는 멤버들에게 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해 설계되었다. 이전 멀티캐스트 라우팅 방식에서는 멀티캐스트에 참여하는 몇몇 호스트가 전체 네트워크를 대상으로 주기적인 멀티캐스트 트래픽을 전송하는 경우 심각한 scaling 문제가 발생하게 된다. 이러한 scaling 문제를 해결하기 위해 PIM-SM은 단지 트래픽 수신에 관심이 있는 라우터에 대해서만 멀티캐스트 트래픽을 전송하는 방식을 이용한다[4].

CBT는 단지 멀티캐스트 서비스에 직접적으로 관련된 라우터 혹은 네트워크들만을 포함하는 공유 멀티캐스트 트리를 구성하고 유지하기 위해 제안된 방법으로, 다른 방식에 비해 높은 확장성을 보인다. 이를 위한 대략적인 동작 방법은 다음과 같다. 호스트는 먼저 IGMP 호스트 멤버십 리포트를 전송함으로써 그룹 참여 의사를 표현한다. 이 메시지를 받은 지역 라우터는 join_request 메시지를 core 라우터를 향해 전송함으로써 트리 참여 프로세스를 시작한다. 이러한 참여 메시지는 core 라우터에 의해 승인이 되던지(Join_Ack) 아니면 이미 CBT 트리 상에 위치한 다른 라우터에 의해 승인된다. 멤버의 참여 과정이 승인되면, 모든 멀티캐스트 데이터의 송·수신은 core 라우터를 경유하여 일어난다. 이 때 IGMP 프로토콜에 의해 그룹에 참여하거나 떠나는 호스트들의 동작은 동적으로 발생하므로, 멤버들의 위치와 상태에 대해서는 미리 예측할 수가 없다. 이러한 이유로 최적의 core 선택에 있어서 어려움이 따른다[1,5,7,8].

CMMR은 멀티캐스트 연결을 시도하는 종단 라우터(Designated Router)의 위치정보에 의해 후보 코어(Candidate Core) 그룹에서 코어를 선택하는 방법이다. 이 기법은 코어 노드에 인접한 노드들 중 높은 차수의 노드를 코어 관리자(CM: Core Manager)로 정하여, 종단 라우터들이 멀티캐스트 접속을 시도할 때 전송하는 core-inquiry를 처리하게 한다. 이 기법의 core 선택을 위한 규칙은 en-route-core, co-interface-core, random-core의 세 가지가 존재한다. 이 방법은 대부분 현재 CM이 교체시의 core로 선정되므로, 그룹에 참여하는 멤버들의 위치 및 상태의 변화가 심한 경우에는 CM이 후보 코어 그룹에 속하지 않는 경우가 발생하므로 최적의 core 선택이 여의치 못한 단점이 있다[12].

본 논문에서는 공유기반 트리 프로토콜에서 멀티캐스트 라우팅을 위한 core 선택시 후보 코어 그룹을 이용하는 방법을 제안하고자 한다. 후보 코어란 제안하는 세 가지 방법(최대 가중치 기법, 최대 차수 기법, 최소 평균 거리 기법)을 사용하여, 코어 선정 시에 각 방법의 이전 단계에서 선택되지 않은 후보군에 존재하는 노드를 의미한다. 예를 들어 최소 평균 거리 기법의 경우, 초기에 각 노드에서 모든 다른 노드로의 최단 경로에 따른 평균 거리를 계산한 후, 그 결과에 따라 오름차순으로 정렬하여, 최상위에 있는 노드를 코어로 선택하고, 그 다음에 존재하는 노드(5, 10, 15, 20개)를 후보군으로 하여, 다음 코어를 선택하는 방법이다. 이러한 세 가지 기법을 임의로 후보군을 선정하는 기법과 통신비용, 최대 전송 지연, 평균 전송 지연의 항목에 대해, 멀티캐스트 그룹의 크기, 후보 코어의 개수, 네트워크상의 노드수의 변화에 따른 모의실험을 통해, 본 논문에서 제안하는 세 가지 기법이 더 우수함을 알 수 있고, 아울러 세 가지 기법 중에서 최대 가중치 기법이 가장 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 세 가지 후보 코어 그룹 선택 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 모의실험 모델에 대해서 언급하며, 4장에서는 모의실험 결과에 대해 기술하고, 마지막 5장에서 결론 및 향후 연구과제에 대해 밝힌다.

2. 후보 코어(Candidate Core) 선택 방법

일반적으로 N 개의 노드를 갖는 연결 그래프 G 가 있을 때, 네트워크 상에서는 어떤 노드도 후보 코어로 선택될 수 있다. 하지만, 후보 코어를 선택할 때, 가능하면 후보 코어에 기반을 둔 멀티캐스트 트리 구성 비용이 적고, 멀티캐스트 트리상에서 패킷 전송시 평균 지연 및 최대 지연이 작은 것을 선택해야 한다.

본 논문에서 제안하는 후보 코어 그룹 선택을 위한 세 가지 방법은 아래와 같다.

(1) 최대 가중치 기법(The k-maximum weight method) : 주어진 네트워크 상의 모든 노드 쌍들에 대해 최단 경로를 구한 후, 각 노드별로 최단 경로가 지나가는 횟수를 새어서 각 노드의 가중치로 부여한 후, 가중치 값을 기준으로 내림차순으로 정렬한다.

여기서 k 개의 노드를 첫 번째 후보 코어 그룹들로 선택하는 방법이다.

(2) 최대 차수 기법(The k-maximum degree method) : 주어진 네트워크에서 각 노드와 연결되어 있는 링크 수를 그 노드의 차수로 한 후, 이를 기준으로 내림차순 정렬한다. 정렬된 노드들 중에서 먼저 k 개의 노드를 첫 번째 후보 코어 그룹으로 선택하는 방법이다.

(3) 최소 평균 거리 기법(The k-minimum average distance method) : 이 방법은 먼저 주어진 네트워크에서 각각의 노드로부터 다른 노드로의 최단 경로를 구한 후, 그 거리의 평균값을 계산하여, 오름차순으로 정렬한다. 정렬된 노드들의 리스트에서 k 개의 노드를 첫 번째 후보 코어 그룹들로 선택하는 방법이다.

임의 선택 방법(The random method)은 주어진 N 개의 노드 중에서 임의로 k 개의 후보 코어 그룹을 선택하는 방법으로, 본 논문의 제안한 세 가지 방법과의 비교를 위해 사용되었다.

3. 모의실험 모델

제안한 세 가지 방법의 성능을 잘 나타내기 위해 세부적인 모의실험을 행한다. 본 논문에서 사용하는 모의실험 모델은 기존의 연구들[6,7,11]과 유사한 형태로 구성되며, 모의실험에 사용되는 각 그래프는 실제 네트워크의 특성을 가장 잘 나타내는 random 그래프[6]이고, 그래프의 각 노드는 정수의 좌표값을 갖는다. 그래프에서 임의의 두 노드 u 와 v 를 연결하는 링크가 추가될 경우에는 식 (1)의 확률을 따른다.

$$P_e(u, v) = \frac{\bar{k}e}{N} \beta \exp \frac{-d(u, v)}{La} \quad (1)$$

식 (1)에서 N 은 그래프상의 노드의 개수를 나타내고, \bar{k} 는 노드의 평균 차수를, k 는 두 노드간의 평균 거리를, $d(u, v)$ 는 노드 u 와 v 사이의 유클리안 거리를 나타내고, L 은 두 노드간의 가장 먼 거리를 나타낸다. α 와 β 는 (0, 1) 범위의 실수로, α 가 증가함에 따라 긴 경로보다 짧은 경로의 링크 밀도가 감소하고, β 의 증가에 따라 링크의 밀도 또한 증가한다. 파라미터 α 와 β 는 각각 0.25와 0.2로 설정한다. 이는 인터넷에서 중심노드의 좌표상의 위치와 유사한

형태의 random 그래프 생성을 위한 설정이다. 파라미터 $k=25$, $\bar{e}=3$ 으로 하여 N 이 증가함에 따라 노드의 평균 차수를 일정하게 유지시켜 준다[12].

모의실험에서 연속적인 요구들은 노드의 추가/삭제에 의해 이루어지고, 멀티캐스트 그룹내의 노드 추가 요구 또는 노드 삭제 요구 결정 시에는 확률모델이 사용된다. 하나의 노드가 그룹에 추가되거나 삭제될 확률 $P_c(m)$ [6]는 다음과 같다.

$$P_c(m) = \frac{\gamma(N-m)}{\gamma(N-m) + (1-\gamma)m} \quad (2)$$

식 (2)에서 m 은 현재 멀티캐스트 그룹의 노드 수를 나타내고, N 은 네트워크상의 노드 수를 나타낸다. 파라미터 γ 은 (0,1) 범위의 실수로서 멀티캐스트 그룹의 크기를 결정하는 요소이다. 크기 결정과 관련된 사항은 다음과 같다.

- (1) $P_c(m) = \frac{1}{2}$ if $m = \gamma N$,
- (2) $P_c(m) > \frac{1}{2}$ if $m \leq \gamma N$, and
- (3) $P_c(m) < \frac{1}{2}$ if $m \geq \gamma N$

만약 노드 추가 요구가 발생한다면, 현재 멀티캐스트 그룹에 속하지 않은 노드들 중에서 임의로 선택한 후, 멀티캐스트 그룹에 추가시킨다. 노드 삭제 요구가 발생하였을 경우에는 현재 멀티캐스트 그룹에 속해 있는 노드들 중에서 core 노드를 제외한 나머지 중의 하나를 임의로 선택한 후, 멀티캐스트 그룹에서 삭제한다.

모의실험에서 제안한 세 가지 후보 코어 선택방법의 성능 평가는 트리 비용(tree cost), 평균 지연(mean delay) 그리고 최대 지연(maximum delay)의 세 가지 항목에 대해 멀티캐스트 그룹의 크기, 후보 코어의 개수, 네트워크상의 노드의 수의 변화를 통해 임의의 선택 방법과 비교하였다. 여기서 트리 비용은 멀티캐스트 트리에서 링크 비용(링크의 길이)들의 합을 사용하였고, 평균 지연은 코어로부터 멀티캐스트 그룹의 모든 멤버들에 대한 지연(링크상에서의 패킷 전송에 대한 지연으로 링크의 길이를 사용)의 평균을 계산하여 사용하였고, 최대 지연은 멀티캐스트 그룹의 모든 멤버들에 대한 지연중 가장 큰 값을 사용하였다.

4. 모의실험 결과

random 그래프 생성 시, 식(1)의 파라미터 α 와 β 는 각각 0.25와 0.2로 설정하였다. 크기 요소 k 는 25로 하고, 노드의 평균 차수 \bar{e} 는 3으로 두었다. 이러한 α , β , \bar{e} , k 의 값은 이전 연구와 동일하게 사용하였다.[6,10]. 모의실험을 위해 초기에 30개의 random 그래프를 생성하고, 각 그래프는 50개의 멀티캐스트 연결을 가지며, 각 연결은 1000개의 노드 추가/삭제 요구로 구성된다. 초기의 임의의 선택 방법을 위해 10개의 후보 코어들의 집합을 선택하였으며, 초기 멀티캐스트 연결을 위한 코어 선택방법은 기존연구[12]와 동일한 최대 차수 기법을 사용하였다. 실험 결과인 성능 비율은 주어진 성능 평가 요소에 대해 제안한 세 가지 방법 각각과 임의의 선택 방법과의 비율로써 나타내었다. 이 때 각 데이터 값은 $30 \times 50 \times 1000 \times 10$ 성능 비율의 평균을 이용하였고, 임의의 선택 방법의 성능 비율은 1로 하였다.

그림 1, 2, 3은 제안한 세 가지 방법에 대해 파라미터 γ 의 변화에 따른 성능평가 요소(트리 비용, 평균 지연, 최대 지연)의 결과를 보여준다. 위 실험에서 γ 의 범위는 0.05~0.25, 그래프상의 노드수(네트워크 크기) N 은 100, 후보 코어의 개수는 10개로 하였다.

그림 1, 2, 3에 나타난 실험을 통해 후보 코어 선택에 있어서 제안한 세 가지 방법이 임의의 선택 방법보다 적은 트리 비용, 평균 지연, 최대 지연을 나타냄을 알 수 있고, 특히 최대 가중치 방법이 다른 방법들보다 트리 비용, 평균 지연, 최대 지연 항목에서 가장 우수한 결과를 나타냄을 알 수 있다. 이는 최대 가중치 방법의 경우, 선택되는 core 노드가 구성되는 최

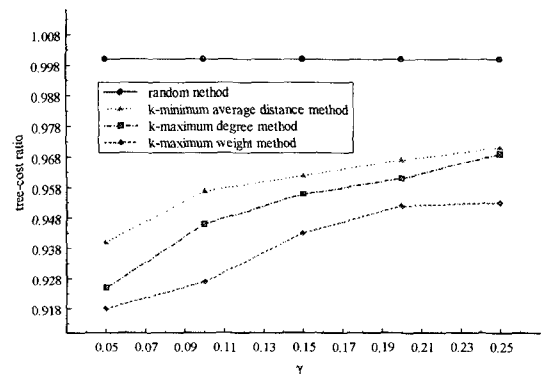


그림 1. γ 값의 변화에 따른 트리 비용 비율

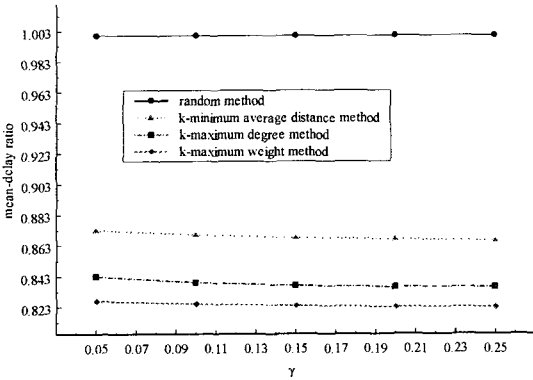


그림 2. γ 값의 변화에 따른 평균 지연 비율

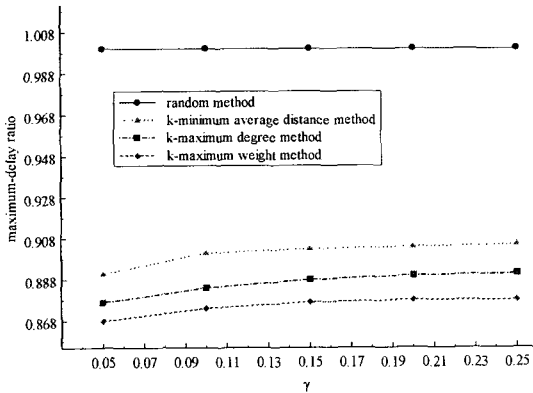


그림 3. γ 값의 변화에 따른 최대 지연 비율

단 경로 트리의 루트 노드가 될 가능성이 다른 방법에 비해 높기 때문이다. 특히 최소-평균 거리 방법의 경우, 선택되는 core는 각 노드에 이르는 거리의 평균은 가장 작지만, 실제 최단 경로 트리의 루트 노드가 되는 경우는 최대 가중치 방법에 비해 작게 나타난다.

그림 4, 5, 6은 후보 코어의 개수 변화에 따른 제안한 방법들의 비교 결과를 보여준다. 이 실험에서 후보 코어의 범위는 5~20, 그래프상의 노드수 N은 100, 파라미터 γ 의 값은 0.1로 하였다. 실험 결과 그림 1, 2, 3에 나타난 것과 유사한 결과를 얻을 수 있다. 또한 후보 군에 속하는 코어의 개수가 증가할수록 트리비용비율, 평균 및 최대지연이 증가하는 이유는 앞서 언급한 것처럼 평균값을 사용하였기 때문이다.

마지막으로 그림 7, 8, 9에 보여진 실험은 네트워크의 크기 변화에 따른 성능 평가 요소에 대한 비교 결과이다. 이 실험에서 네트워크의 크기 N의 범위는 50~200, 후보 코어의 개수는 N의 10%, 파라미터 γ

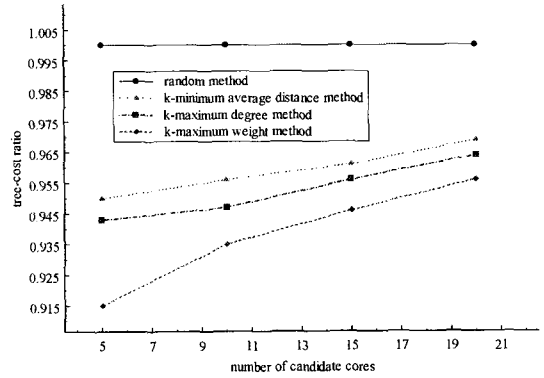


그림 4. 후보 코어의 개수 변화에 따른 트리 비용 비율

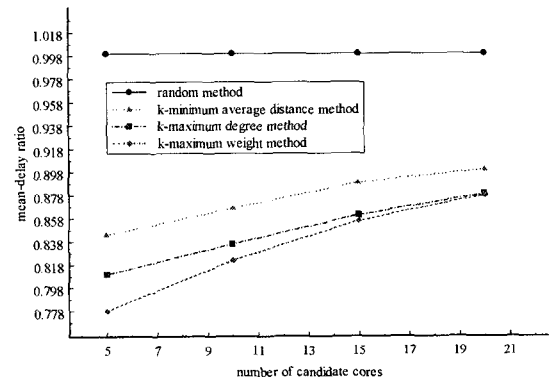


그림 5. 후보 코어의 개수 변화에 따른 평균 지연 비율

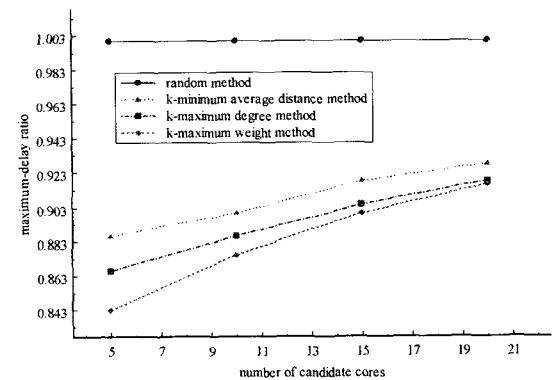


그림 6. 후보 코어의 개수 변화에 따른 최대 지연 비율

의 값은 0.1로 하였다.

이 실험의 결과 역시 앞서 살펴봤던 실험들과 유사하게 제안한 세 가지 방법이 임의 선택 방법보다 트리 비용, 평균 지연, 최대 지연 측면에서 더 작은 값을 보임을 알 수 있고, 특히 최대 가중치 기법이 다른 방법들보다 우수한 결과를 나타낸다는 것을 알

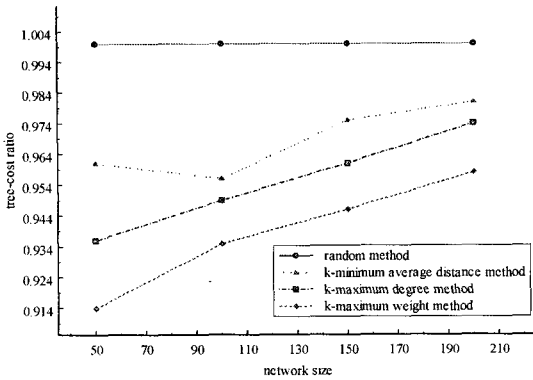


그림 7. 네트워크 크기 변화에 따른 트리 비용 비율

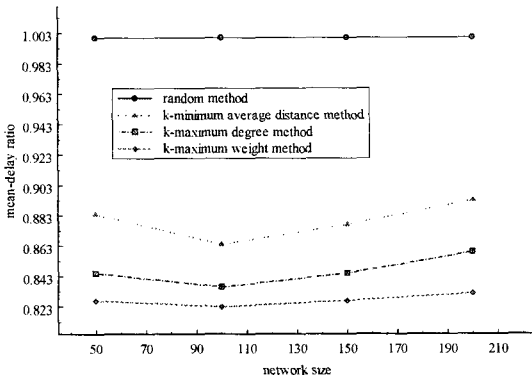


그림 8. 네트워크 크기 변화에 따른 평균 지연 비율

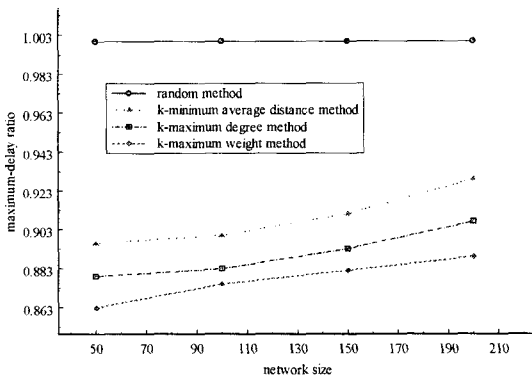


그림 9. 네트워크 크기 변화에 따른 최대 지연 비율

수 있다.

하지만 제안한 세 가지 방법들에 대해, 초기 최단 경로 선정에 필요한 비용을 고려할 경우에는 최대 차수 기법이 더 효율적일 수도 있다.

5. 결 론

공유 기반 트리에서 트리의 구성 비용은 코어에 의해 결정되고, 패킷들의 지연은 코어의 위치에 의해 좌우된다. 따라서 코어의 위치 선정은 비용과 성능 측면에서 아주 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 공유기반 트리에서 효율적인 멀티캐스트 라우팅을 위해 최소 평균 거리, 최대 차수, 최대 가중치를 이용한 세 가지 후보 코어 그룹 선택 방법을 제안하였다.

제안한 세 가지 방법이 트리 비용, 평균 패킷 지연, 최대 패킷 지연의 성능평가 측면에서 파라미터 γ , 후보 코어의 개수, 네트워크 크기 변화 등의 다양한 모의실험을 통해 임의의 선택 방법보다 더 나은 결과를 보임을 알 수 있었다.

향후 연구과제로는 본 논문에서 고려하지 않은 초기 최단 경로 선정에 따른 비용을 고려한 경우의 연구, 코어 교체시의 교체 기준이 되는 임계치에 대한 연구와 대규모의 멀티캐스트 통신을 지원할 수 있는 본 연구의 확장을 들 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] A. Ballardie, P. Francis, and J. Crowcroft, "Core Based Trees(CBT), An Architecture for Scalable Inter-Domain Multicast Routing," *ACM SIGCOMM*, 1993. pp.185-195.
- [2] D. Waitzman, S. Deering, and S. Partridge, "Distance Vector Multicast Routing Protocol," *RFC-1075*, IETF, Nov. 1988.
- [3] J. Moy, "Multicast Extensions to OSPF," *RFC-1584*, IETF, Mar. 1994.
- [4] D. Estrin, D. Frinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Deering, M. Handley, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, and L. Wei, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode(PIM-SM) : Protocol specification," *RFC-2362*, IETF, June 1998.
- [5] A. Ballardie, "Core Based Tree (CBT) multi-cast routing architecture," *RFC 2201*, IETF, Sept. 1997.
- [6] Bernard M. Waxman, "Routing of multipoint connections," *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, vol. 6, no. 9, Dec.

1988. pp. 1617-1622.

- [7] H. C. Lin and S. C. Lai, "Core Placement for the Core Based Tree Multicast Routing Architecture," *IEEE GLOBECOM*, 1998.
- [8] C. Shields and J. J. Garcia-Luna-Aceves, "The Ordered Core Based Tree Protocol," *IEEE INFOCOM*, 1997.
- [9] C. Hedrick, "Routing Information Protocol," *Internet RFC 1058*, IETF, June. 1988.
- [10] Soon-Hwan Hwang Sung-Dae Youn, "An Effective Multicasting Routing Method for the Core Based Tree Multicasting Routing Architecture," *ICIS '02*, 2002, pp.799-803.
- [11] J. Kadrire and G. Knight, "Comparison of Dynamic Multicast Routing Algorithms for Wide-Area Packet Switched(Asynchronous Transfer Mode) Networks," *IEEE INFCOM*, 1995, pp.212-219.
- [12] C.Liu. M.J.Lee, T.N.Saadawi, "Core-Manager Based Scalable Multicast Routing," *Proceedings of the ICC'98*, 1998. pp.1202-1207.



황 순 환

1998년 부경대학교 전자계산학과 졸업(공학사)
 2000년 부경대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)
 2004년 부경대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학박사)
 2000년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 강사

관심분야 : 다단계 상호연결망, 네트워크 성능분석, 멀티캐스트통신, 유비쿼터스



윤 성 대

1980년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
 1984년 영남대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학석사)
 1997년 부산대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학박사)
 1981년~1986년 경남정보대학 전산과 조교수

1991년~1992년 MIT 방문교수
 1992년~1995년 부산공업대학교 전산소장
 1989년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

관심분야 : 병렬처리, 멀티캐스트통신, 데이터마이닝