

공유 트리 기반 멀티캐스트 라우팅을 위한 코어 선택 방법

황 순 환[†] · 윤 성 대^{††}

요 약

코어 기반 트리(CBT: Core Based Tree) 멀티캐스트 라우팅은 인터넷을 위한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이다. CBT는 멀티캐스트 연결을 위해 하나의 공유 트리를 구성하고, 이 공유 트리는 코어라는 센터 노드를 루트로 한다. 코어 기반 트리 멀티캐스트 라우팅에서 코어의 위치 선정은 비용과 성능 측면에 많은 영향을 끼치고, 코어의 배치 방법은 네트워크 토폴로지에 따라 달라진다. 본 논문에서는 간단하고 효율적인 코어 선택 방법을 제안하고자 한다. 제안한 방법은 거리 벡터 정보를 필요로 하며, 추가적으로 표본 상관 계수 결과를 이용하여, 멀티캐스트 그룹에 속해있는 멤버들의 배치상태에 따라 적합한 라우팅 알고리즘으로 최소평균비용을 갖는 노드를 코어로 선정하는 방법, 또는 PIM-SM 방법을 선택하는 것이다. 제안한 방법의 성능은 평균지연, 최대 지연, 총 비용과 같은 세부적인 실험을 통해 기존연구와 비교하였으며, 실험 결과 제안한 코어 선택 방법이 매우 효율적임을 알 수 있었다.

A Method of Selecting Core for the Shared-Tree based Multicast Routing

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

ABSTRACT

The Core Base Tree (CBT) multicast routing architecture is a multicast routing protocol for the internet. The CBT establishes a single shared tree for a multicast connection. The shared tree is rooted at a center node called core. The location of the core may affect the cost and performance of the CBT. The core placement method requires the knowledge of the network topology. In this paper, we propose a simple and effective method for selecting the core. This method requires the distance vector information. In addition, we used results that calculated sample correlation coefficient. And then we select suitable routing algorithm according to member's arrangement states in multicast group. we select core node that have minimum average cost or PIM-SM protocol is selected. The performance of this method is compared with several other methods by extensive simulations (i.e mean delay, maximum delay, and total cost). Our results shows that this method for Selecting Core is very effective.

키워드: 멀티캐스트 라우팅(Multicast Routing), 공유 트리(Shared-Tree), 코어 기반 트리(CBT: Core Based Tree), 표본 상관 계수 (Sample Correlation Coefficient)

1. 서 론

멀티캐스팅은 하나 이상의 송신자들이 멀티캐스트 그룹에 속해 있는 하나 이상의 수신자들에게 데이터를 전송하는 방식으로, 화상회의, 온라인 강좌, 분산 데이터베이스 시스템의 갱신 및 복구, 새로운 버전의 소프트웨어 배포 등 많은 분야에 이용되는 중요한 통신 메커니즘이다[1].

멀티캐스트 그룹에 속하는 수신자들에게 데이터를 전송하기 위해서는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 따르는 트리를 먼저 구성해야 한다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 크게 소스 기반 트리과 공유기반 트리 프로토콜로 나뉘어진다. 소스 기반 트리는 하나의 송신자에서 각 수신자에 이르는 최단경

로 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 주고 받는다. 이 방식은 소스 기반 트리 방식에 비해 전송지연 시간이 길다는 단점이 있지만, 매우 우수한 확장성을 갖는 방식으로 PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode), CBT(Core Based Tree) 등의 종류가 있다. 특별히 송신자가 랑데부 포인트 (RP: Rendezvous Point)라는 노드로 데이터를 전송한 후, 이 노드에서 멀티캐스트 그룹에 속하는 모든 멤버들에게

* 이 논문은 2002년도 부경대학교 연구원 교수지원에 의하여 연구되었음.

† 준 회원 : 부경대학교 대학원 전자계산학과

†† 정 회원 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

논문접수 : 2003년 5월 12일, 심사완료 : 2003년 11월 13일

데이터를 보내는 방식을 rendezvous point 기반 멀티캐스팅이라 한다. 또한 공유기반 트리의 공유 트리 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 되든지 (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].

'geographic center method' core 배치 방법은 멀티캐스트 그룹 멤버들의 거리정보를 이용하여, 지리적으로 가장 가운데 있는 노드를 core로 선택한다. 이 방법은 단순한 위치정보만으로 core를 선택할 수 있다는 장점이 있는 반면, 실제 core로 선택된 노드에 대한 접근 요구가 빈번히 일어나지 않는 단점을 갖고 있다[5].

'maximum weight method'라는 core 배치 방법은 사전에 네트워크 토폴로지에 대해 알고 있어야 한다는 제약이 있다. 게다가 core 선택을 하기 위해서는 네트워크에 있는 모든 노드들 사이의 최단 경로 또한 계산되어야 한다는 단점이 있다[7].

본 논문에서는 공유기반 트리 프로토콜에서 멀티캐스트 라우팅을 위한 core 선택 방법을 제안하고자 한다. 먼저 네트워크에 있는 모든 노드들을 이차원 좌표공간에 표시한 후, 이를 토대로 좌표상에서 표본 상관 계수를 계산한다. 계산된 결과치가 사전 실험을 통해 얻은 임계치보다 큰 경우에는 멀티캐스트 라우팅 알고리즘으로 개선된 CBT를 선택하고, 그렇지 않은 경우에는 PIM-SM을 선택하여 멀티캐

스트 하는 방법으로, 제안한 방법의 성능은 'geographic center method', 'maximum weight method', 'PIM-SM' 등의 기존 연구와의 실험을 통해 비교·분석하였다. 실험 결과 제안한 방법이 평균지연, 최대지연, 총 비용의 측면에서 다른 비교대상에 비해 매우 효율적임을 알 수 있다.

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

2. Hybrid 방법의 제안

본 논문에서는 멀티캐스트 그룹에 속하는 멤버들의 주소를 2차원의 좌표에 나타낼 수 있는 것으로 가정한다. 주어진 노드들의 좌표값을 토대로 표본 상관 계수(r)를 아래의 식 (1)과 같이 계산한 후, 계산 결과가 사전 실험을 통해 얻은 임계치 보다 큰 경우에는 멀티캐스트 라우팅 알고리즘으로 개선된 CBT 방법을 선택하고, 그렇지 않은 경우 PIM-SM을 선택한다. 이때 PIM-SM 방식의 rendezvous point 선택은 해쉬 함수에 의해 결정한다. 임계치 획득을 위한 사전 실험은 40개의 연결을 갖는 40개의 random 그래프를 구성하여 표본 상관 계수를 구하는 방식으로 수행하였다. 10회 반복 실험 결과에 대한 평균값을 분석한 결과 표본 상관 계수의 값이 0.45 이상일 경우에는 CBT 방법이, 그렇지 않은 경우에는 PIM-SM 방법이 우수한 결과를 나타내었으므로, 라우팅 알고리즘 결정을 위한 임계치로 0.45를 사용하였다. 또한, 본 논문에서 표본 상관 계수를 이용하는 것은 멀티캐스트 그룹에 속하는 멤버들이 밀집된 경우에는 CBT 방법이 우수하고, 넓게 분포되어 있는 경우에는 PIM-SM 방법이 낫다는 사실에 기인한 것이다[1, 4].

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum [X_i - \bar{X}]^2 \sum [Y_i - \bar{Y}]^2}} \tag{1}$$

다음으로 개선된 CBT에 대해서 살펴보자.

먼저 V 를 네트워크에서 노드들의 집합이라 하고, E 를 V 에 있는 노드들간의 연결 링크의 집합이라 하자. 이 때 $G = (V, E)$ 는 네트워크를 나타내는 무방향 연결 그래프이다. $r(u, v)$ 을 노드 u 에서 v 로의 최단경로를 구성하는 링크 비용의 합이라 가정하면, 노드 c 의 평균 비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$cost(c) = \frac{1}{|V|} \sum_{x \in V} r(c, x) \tag{2}$$

여기서 $|V|$ 는 집합 V 의 크기이다.

개선된 CBT 방법은 core 노드 선택시 최소 평균 비용을 갖는 노드를 선택하는 방법이다. 달리 말하면 노드들의 집

합 V 에 속하는 모든 원소 v 에 대해 core 노드 c 가 $cost(c) \leq cost(v)$ 를 만족한다는 것이다. 앞으로 본 논문에서 제안한 방법은 hybrid 방법이라 부른다.

주어진 노드에 대한 평균 비용은 주어진 노드에서 멀티캐스트 그룹내의 다른 노드들로의 최단경로를 따라 정해지는 총 비용을 통해 알 수 있다. 네트워크 상에 있는 각 라우터는 라우팅 정보 프로토콜(RIP)[9]하에서 동작하고, 총 비용에 대한 정보는 라우팅 테이블에 저장되어 있는 'distance vector'로부터 쉽게 얻을 수 있다. 얻어진 총 비용을 토대로 각 라우터는 자신의 평균 비용을 계산할 수 있다. 최소 평균 비용을 갖는 노드 선택은 PIM 프로토콜[4]의 bootstrap 라우터 선택 방법과 유사하게 각 그룹에서 분산적으로 할 수 있다. 게다가 약간의 확장을 통해 네트워크상의 모든 노드들의 평균비용을 모으는 작업과 최소 값을 갖는 노드를 찾는 작업을 분산 처리할 수 있다.

'네트워크상의 라우터들이 Open Shortest Path First(OSPF) 프로토콜[3]에서 동작하는 경우, Link states database는 전체 네트워크의 정보를 저장하고 있다. 그러므로 각 노드는 네트워크상의 모든 노드들의 평균 비용을 계산할 수 있고, 최소 평균 비용을 갖는 노드를 찾을 수 있다.

실제로는, 동시에 많은 수의 활성화된 멀티캐스트 연결이 존재하므로 많은 수의 활성화된 각각의 CBT에서 동일한 노드가 core로 선택되어질 수 있다. 이러한 경우 CBT의 가장 큰 문제점인 병목현상이 발생할 수 있으며, 이를 위한 해결방법으로는 다음과 같은 방법이 있다. 현재 core 노드의 부하가 미리 정해진 임계치를 넘을 경우, 다음 평균 최소 비용을 갖는 노드를 core로 선택하면 된다. 이 방법은 core 노드 선택을 위한 후보군을 두는 방법으로, 실제 결합-허용 네트워크를 생성할 수 있다. 본 논문에서는 후보군 선정방법 및 후보군의 크기에 대해서는 논하지 않는 것으로 한다.

3. 모의실험 모델

제안한 hybrid 방법의 성능을 잘 나타내기 위해 세부적인 모의실험을 행한다. 본 논문에서 사용하는 모의실험 모델은 기존의 연구들[6, 11]과 유사한 형태로 구성되며, 본 실험에 앞서 사전 임계치 결정을 위해 40개의 멀티캐스트 연결을 갖는 40개의 random 그래프를 구성하여 표본 상관 계수를 측정하였다. 10회 반복 실험 결과에 대한 평균값을 분석한 결과 표본 상관 계수의 값이 대략 0.45 이상일 경우에는 CBT 방법이 PIM-SM에 비해 우수한 결과를 나타냈으며, 그렇지 않은 경우에는 PIM-SM이 우수한 결과를 나타내었다. 따라서 본 논문에서는 라우팅 알고리즘 결정을 위한 임계치로 0.45를 사용하였다. 또한 멀티캐스트 그룹에 속한 멤버들의 추가/삭제에 따른 표본 상관 계수의 계산만

을 담당하는 처리기를 따로 두어 표본 상관 계수의 계산으로 발생할 수 있는 시간지연은 고려하지 않았다.

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 (3)의 확률을 따른다.

$$P_e(u, v) = \frac{k\bar{e}}{N} \beta \exp \frac{-d(u, v)}{L\alpha} \quad (3)$$

식 (3)에서 N 은 그래프상의 노드의 개수를 나타내고, \bar{e} 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 , \bar{e} 은 N 이 증가함에 따라 노드의 평균 차수를 일정하게 유지시켜 준다.

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.

$$P_c(m) = \frac{\gamma(N-m)}{\gamma(N-m) + (1-\gamma)m} \quad (4)$$

식 (4)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.

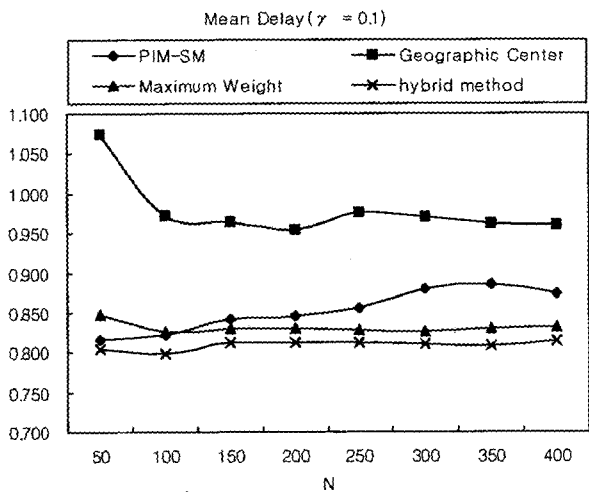
모의실험에서 네트워크 상의 모든 링크 비용은 1로 하며,

한 hop당 패킷 전송지연도 1로 한다. 제안한 hybrid 방법의 성능 평가는 아래 방법들과의 비교를 통해 나타내었으며, 이때 주어진 네트워크 내의 임의의 노드를 core로 선택하는 random method[1]의 실험 결과에 대한 비율을 1로 둔 후, 평균전송지연시간, 최대전송지연시간, 총 비용의 요소에 대해 random method 대비 비율을 나타내었다. 이와 같이 비율로 나타내는 방법은 실험 결과값을 나타내는 방법보다 좀 더 쉽게 제안한 hybrid 방법의 향상된 성능을 볼 수 있는 방법이다.

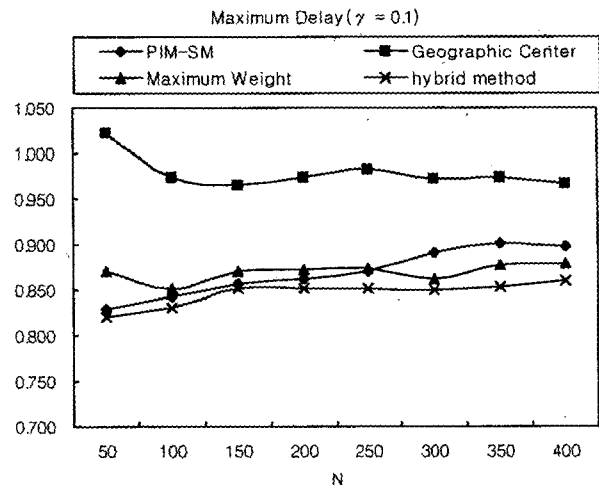
- The PIM-SM method : 그룹내의 core 또는 rendezvous point(RP)는 각 라우터에서 hash function에 의해 결정된다[4].
- The geographic center method : 주어진 네트워크에서 위치적으로 가장 가운데 있는 노드를 core로 선택하는 방법이다[5].
- The maximum weight method : 이 방법은 먼저 주어진 네트워크에서 모든 노드들간의 최단 경로를 구한다. 다음으로 각 노드에 대해 자신을 거쳐가는 최단경로의 수를 헤아려서 이를 자신의 가중치로 한다. 모든 노드들 중 가장 큰 가중치의 값을 갖는 노드를 core로 선택하는 방법이다[7].

4. 모의실험 결과

random 그래프 생성시, 파라미터 α 와 β 는 식 (3)에 기인하며, 각각 0.25와 0.2로 설정한다. 크기 요소 k 는 25로 하고, 노드의 평균 차수 \bar{e} 는 3으로 둔다. 이러한 α, β, k 의 값은 이전 연구와 동일하게 사용한다[6, 10]. 모의실험을 위해 초기에 40개의 random 그래프를 생성하였고, 각 그래프는 40개의 멀티캐스트 연결을 가지고, 각 연결은 1000개의 노드 추가/삭제 요구로 구성하였다. 평균 비율은 $40 \times 40 \times 1000$ 성능 비율의 평균을 이용하였다.



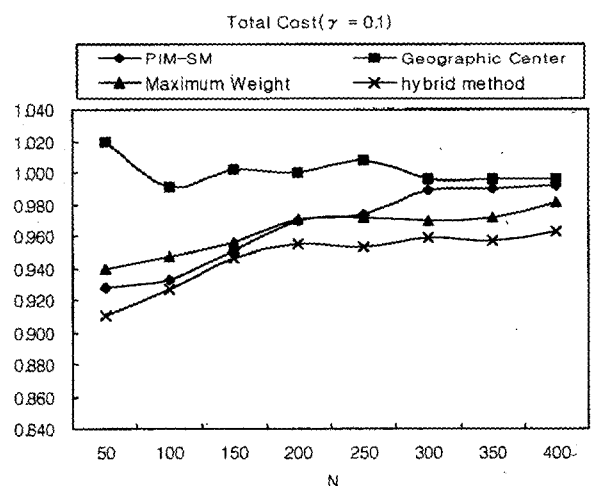
(그림 1) random method 대비 평균 지연 비율, $\gamma = 0.1$



(그림 2) random method 대비 최대 지연 비율, $\gamma = 0.1$

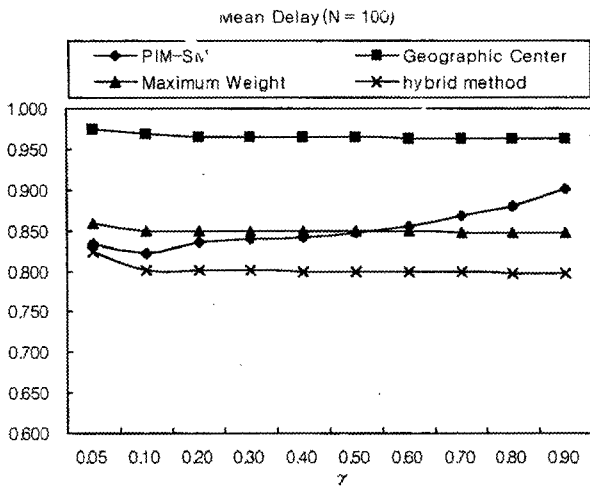
(그림 1), (그림 2), (그림 3)은 각각 평균전송지연시간, 최대전송지연시간, 총 비용 측면에서 random method를 기준으로 한 비교 비율을 네트워크 노드 수의 변화에 따라 나타내고 있다. 여기서 노드 수의 범위는 50개에서 400개까지이고, 식 (4)의 파라미터 γ 는 0.1로 설정한다.

(그림 1), (그림 2), (그림 3)을 통해 제안한 hybrid 방법이 평균전송지연시간, 최대전송지연시간, 총 비용 측면에서 평균적으로 PIM-SM보다는 5%, Geographic center method보다는 15%, maximum weight method보다는 2% 정도 우수한 결과를 보인다는 사실을 알 수 있다.

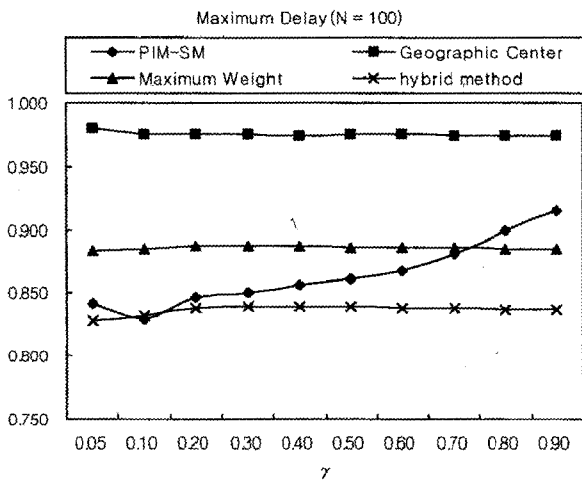


(그림 3) random method 대비 총 비용 비율, $\gamma = 0.1$

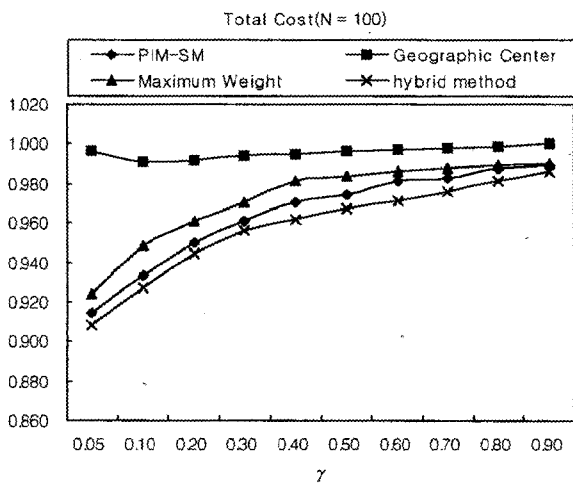
(그림 1), (그림 2), (그림 3)에서 PIM-SM은 N의 크기가 작은 경우 다른 비교 대상(geographic center, maximum weight)보다 약간의 우수함을 보이나, N이 커짐에 따라 성능이 감소함을 알 수 있고, maximum weight method는 N의 크기가 50, 100인 경우를 제외하고는 PIM-SM보다 우수하다는 사실을 알 수 있다.



(그림 4) random method 대비 평균 지연 비율, N=100



(그림 5) random method 대비 최대 지연 비율, N=100



(그림 6) random method 대비 총 비용 비율, N=100

(그림 4), (그림 5), (그림 6)은 식 (4)에 나타난 파라미터의 역할에 대해 평균전송지연시간, 최대전송지연시간, 총

비용 측면에서 보여주고 있다. 파라미터 γ 의 범위는 0.05에서 0.90이고, γ 값이 증가함에 따라 멀티캐스트 그룹의 노드 수 $\lceil \gamma N \rceil$ 도 증가한다.

(그림 4), (그림 5), (그림 6)을 통해 네트워크 상의 노드의 수를 100으로 고정된 경우, 제안한 hybrid 방법이 평균 전송지연시간, 최대전송지연시간 측면에서는 평균적으로 PIM-SM보다는 7%, Geographic center method보다는 16%, maximum weight method보다는 5% 정도 우수한 결과를 보이고, 총 비용측면에서는 평균적으로 PIM-SM보다는 2%, Geographic center method보다는 8%, maximum weight method보다는 2% 낮은 비용이 든다는 사실을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 공유기반 트리에서 효율적인 멀티캐스트 라우팅을 위한 core 선택 방법으로 hybrid 방법에 대해 제안하였다. hybrid 방법은 현재 멀티캐스트 그룹에 속해있는 멤버들의 위치정보를 2차원 좌표로 표시한 후, 좌표값을 기준으로 표본 상관 계수를 계산한다. 계산된 결과치가 사전 실험을 통해 얻은 임계치보다 큰 경우에는 평균 최소 비용을 갖는 노드를 core로 선택하는 개선된 CBT 방법을 멀티캐스트 라우팅 알고리즘으로 선택하고, 그렇지 않은 경우에는 hash 함수에 의해 RP가 정해지는 PIM-SM 방법을 채택하는 방법이다.

제안한 방법은 멀티캐스트 라우팅 알고리즘 선택시 표본 상관 계수와 거리 벡터 정보만을 필요로 하므로 다른 방법과 비교하여 매우 간단하다는 장점이 있다. 또한 PIM-SM, random method, geographic center method, maximum weight method와의 세부적인 실험을 통한 비교를 통해 제안한 hybrid 방법이 평균전송지연시간, 최대전송지연시간, 총 비용 측면에서 평균 2%~17% 향상되었다는 사실을 알 수 있었다.

향후 연구과제로는 표본 상관 계수의 비교 대상이 되는 임계값 선정 모델 확립 및 멀티캐스트 라우팅 알고리즘으로 PIM-SM 선택시에, 좀더 효율적인 성능을 보일 수 있는 구조에 대한 연구를 들 수 있다.

참고 문헌

- [1] A. Ballardie, P. Francis and J. Crowcroft, "Core Based Trees (CBT), An Architecture for Scalable Inter-Domain Multicast Routing," ACM SIGCOMM, pp.185-195, 1993.
- [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) multicast 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, pp.1617-1622, Dec., 1988.

[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, pp.799-803, 2002.

[11] J. Kadriré and G. Knight, "Comparison of Dynamic Multicast Routing Algorithms for Wide-Area Packet Switched (Asynchronous Transfer Mode) Networks," IEEE IN FCOM, pp.212-219, 1995.



황 순 환

e-mail : shhwang@dol.pknu.ac.kr
 1998년 부경대학교 전자계산학과(공학사)
 2000년 부경대학교 대학원 전자계산학과
 (이학석사)
 2000년~현재 부경대학교 대학원 전자
 계산학과 박사과정

관심분야 : 다단계 상호연결망, 네트워크 성능분석, 멀티캐스트
 통신, 유비쿼터스



윤 성 대

e-mail : sdyoun@pknu.ac.kr
 1980년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 1984년 영남대학교 대학원 전자계산학과
 (공학석사)
 1997년 부산대학교 대학원 전자계산학과
 (이학박사)

1981년~1986년 경남정보대학 전산과 조교수
 1991년~1992년 MIT 방문교수
 1992년~1995년 부산공업대학교 전산소장
 1989년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
 관심분야 : 병렬처리, 멀티캐스트통신, 데이터마이닝