

공유 트리를 사용하는 멀티캐스트를 위한 코어 선택 방안

임장수*, 이재기*

*동아대학교 컴퓨터공학과

e-mail : sbrain95@smail.donga.ac.kr

A Core Selection Method for the Multicast using a Shared Tree

Jang-Su Lim*, Jae-kee Lee*

*Dept. of Computer Engineering, Dong-A University

요 약

최근 인터넷 환경의 향상에 따라 네트워크는 멀티미디어 서비스 범위 확대와 효율적인 네트워크 자원 사용을 위해서 멀티캐스팅 기술을 지원하는 것이 바람직하다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 소스 기반 트리과 코어 기반 트리 방식으로 분류할 수 있다. 소스 기반 트리 방식은 멀티캐스트 그룹에서 소스 당 하나의 트리를 형성하게 되는 반면에 코어 기반 트리 방식은 그룹의 모든 노드가 하나의 트리를 공유한다. 이런 코어 기반 트리 방식에서는 코어 혹은 센터의 위치에 따라 멀티캐스트 라우팅 트리의 모양이 영향을 받으며 그에 따라 라우팅의 성능에 중대한 영향을 주게 된다. 본 논문에서는 공유 트리를 형성하는 라우팅 아키텍처에서 코어의 위치를 결정하기 위한 기존 방법들을 분석하며 성능 향상을 고려한 방안을 제안한다.

1. 서론

최근의 원격 강의, 화상 회의 등 여러 서비스는 하나 혹은 그 이상의 송신자로부터 수신 그룹으로의 정보 전달을 요구한다. 이런 서비스를 제공할 때, 효율적인 네트워크 자원의 사용을 위해 네트워크가 멀티캐스트를 지원하는 것이 바람직하다. 로컬 네트워크에서는 단지 브로드캐스트를 통해 쉽게 멀티캐스팅 지원이 가능하지만, 서브넷을 통과하는 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 멀티캐스트 라우팅 알고리즘이 요구된다.

일반적으로 멀티캐스트 라우팅 알고리즘에 의해 만들어진 멀티캐스트 트리는 소스 기반 트리(Source Based Tree)와 코어 기반 트리(Core Based Tree)의 두 가지로 분류할 수 있다. 소스 기반 트리를 구성하는 알고리즘은 멀티캐스트 그룹에서 각 소스 노드 당 하나의 트리를 구성하게 된다. 반면에 코어 기반 트리와 같은 공유 트리를 구성하는 알고리즘은 멀티캐스트 그룹의 모든 노드를 위해 공유되는 단지 하나의

트리, 즉 공유 트리를 구성하게 된다.

공유 트리를 사용하는 코어 기반 멀티캐스트 알고리즘으로는 Core Based Tree(CBT) Multicast, Protocol Independent Multicast Sparse Mode(PIM-SM), 그리고 Core-Manager based Multicast Routing (CMMR)이 있다. 이런 코어 기반 멀티캐스트 라우팅 알고리즘은 코어 혹은 센터라고 불리는 노드를 루트로 하여 공유 트리를 구성하고, 트리의 코어에서 멀티캐스트 그룹의 각 멤버로 최단 경로가 형성된다. 코어 기반 트리 방식에서 코어의 위치는 성능과 비용에 많은 영향을 준다는 것을 여러 연구에서 지적하고 있다[1][2].

이 논문에서는 고정된 환경에서 공유 트리를 사용하는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 코어 위치 선정에 대한 두 가지 방법을 제안하며 이전의 다른 방법과 제안 방법을 비교한다. 2장에서는 코어 위치 선택의 고려 사항에 대해 기술하며 3장에서는 기존의 코어 위치 선택 방법들의 장·단점에 대해 기술한다. 4장에서는 제안하는 코어 위치 선택 방법들을 설명하

고 기존 방법과의 차이점을 기술한다. 5장에서 결론 및 향후 과제에 대해 기술한다.

2. 코어 위치 선택의 고려 사항

공유 트리를 사용하는 멀티캐스트에서 트래픽을 전송하는 소스의 수를 S 라 하고 그룹 멤버의 수를 G 라 하면 소스 기반 멀티캐스트 트리는 하나의 소스 당 멀티캐스트 트리를 생성해야 하기 때문에 $O(S \cdot G)$ 의 규모성을 갖는다. 반면에 CBT 등의 공유 방식 트리는 그룹의 모든 멤버가 하나의 트리를 공유하기 때문에 S 의 효과를 없앤 $O(G)$ 의 규모성을 갖는다. 이러한 공유 트리를 사용하는 멀티캐스트에서 코어를 선정하기 위해서는 고려해야 하는 여러 요소가 있는데 이중 몇 가지를 아래에 열거하였다.

- 첫째, 멀티캐스트 수신자의 위치
- 둘째, 코어를 통해 흐르는 트래픽의 양
- 셋째, 멀티캐스트 송신자의 위치
- 넷째, 트래픽 지연 감소 및 대역폭 요구
- 다섯째, 리던던시와 오류 회복 요구

이러한 고려 사항을 모두 수용할 수 있는 코어 위치 선정 방법을 찾기로 사실상 어려워 실제 네트워크 관리자들은 위의 몇몇 사항을 고려해서 코어를 매뉴얼로 선정하며 인터넷 RFC 2201에서 매뉴얼 선정 방법이 제안되어 있다[3]. 더구나 네트워크 상의 노드들이 동적으로 그룹에 참여하고 떠나는 상황에서는 코어 선정의 어려움이 더욱 가중된다.

3. 관련연구

기존의 코어 기반 멀티캐스트의 코어 선택 알고리즘은 크게 세 가지 분류로 나눌 수 있다[4][5][6]. 즉, 임의 코어 선택 알고리즘, 위상 기반 코어 선택 알고리즘, 그룹 기반 코어 선택 알고리즘으로 각각의 코어 선택 알고리즘 범주 안에서 다양한 코어 선택 알고리즘이 제안되어 있다.

3.1 임의 코어 선택

임의 코어 선택 알고리즘은 멀티캐스트 그룹, 네트워크 위상, 이전 코어에 대한 정보 등의 선택 기준 없이 코어를 선택하는 방법으로 그룹 멤버 중에서 임의로 코어를 선택하는 방법이다. 이 방법은 어떤 정보도 필요로 하지 않으며 가장 간단하고, 최소 계산 복잡도를 가지지만 성능이 좋지 않다. 그리고 트래픽이 집중되고 평균 지연 시간이 최대이며, 최악의 경우가 선택되면 성능이 저하된다. 이런 임의 코어 선택 방법의 예로 멀티캐스트 그룹 멤버 중에서 첫 멤버를 코어로 선택하는 방법이 있다[4].

3.2 위상 기반 코어 선택

위상 기반 코어 선택 알고리즘은 임의 코어 선택 알고리즘보다 개선된 코어 선택을 위해 네트워크 위상 정보를 기반으로 코어를 선택하는 방법이다[4][5][6]. 이 방법은 위상 정보만을 기반으로 코어를

선택하므로 멀티캐스트 그룹 또는 그룹 멤버의 변화에 상관없이 코어가 선택되는 장점이 있다. 이 방법은 그룹 기반 코어 선택 알고리즘에 비해 계산량이 작고 코어의 이동이 거의 없으나 각 그룹의 코어가 네트워크의 중심에 모이게 되어 부하가 집중되고 그룹 멤버가 네트워크의 특정 위치에 밀집하여 위치한 경우 성능이 저하되는 면이 있다.

3.3 그룹 기반 코어 선택

임의 코어 선택 알고리즘과 위상 기반 코어 선택 알고리즘은 멀티캐스트 그룹 멤버들의 분포 형태에 따른 적합한 코어를 선택하지는 못한다. 그룹 기반 코어 선택 알고리즘은 위상과 그룹 멤버에 대한 정보를 바탕으로 코어를 선택하는 방법으로 멤버의 분포 변화에 따라서 코어를 효율적으로 신뢰성 있게 선택할 수 있지만 가장 복잡도가 높다. 이 방법은 코어 선택 알고리즘 중에서 가장 복잡하지만, 그만큼 최적의 코어를 선택할 수 있다.

위에서 언급한 위상 코어 선택 방법에 포함되는 최대 가중치 방법(Maximum Weight Method)과 기타 방법으로 최소 평균 비용 방법(Minimum Average Cost Method)이 있다[7][8]. 최대 가중치 방법은 주어진 범위 안의 모든 노드들의 쌍에 대한 최단 경로를 먼저 찾은 후, 최단 경로상에 포함되는 노드에 가중치를 부여하는 방법으로 각 노드들로의 최단 경로상에 가장 많이 존재하는 노드가 최대 가중치를 가진 노드가 되어 코어로 선정되는 방법이다[7]. 최소 평균 비용 방법은 최단 경로상에 포함되는 링크 비용의 평균을 구해서 비용이 가장 적게 드는 노드를 코어로 선정하는 코어 선택 방법이다[9].

지금까지 관련 연구를 통해 기존에 제안되고 사용되고 있는 코어 선택 방법을 고찰하였다. 제안 하고자 하는 방법은 그룹 기반 코어 선택 분류에 속하는 방법으로 다음 장에서 두 가지 방법을 제안한다.

4. 제안하는 코어 위치 선택 방법

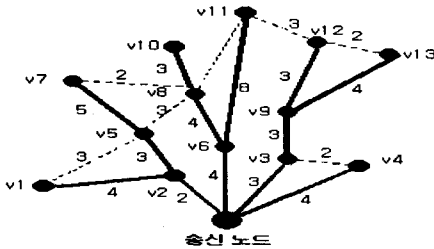
제안하는 첫 번째 코어 선정 방법은 앞에서 언급한 코어 위치 선택의 고려 사항에서 대역폭 요구, 코어를 통해 흐르는 트래픽의 양 및 멀티캐스트 수신자의 위치를 고려한 방법이다. 그리고 제안하는 두 번째 방법은 지연 감소에 중점을 둔 방법이다. 본 논문에서의 노드는 라우터나 스위치를 말한다. 내재 프로토콜은, 모든 노드가 자신의 이웃 노드에 대해서 알 수 있고, 링크를 통해 전달되는 모든 데이터는 제한된 시간 안에 정확하고 적합한 순서로 수신되며 노드는 정확하게 동작한다고 가정한다.

4.1 최소 대역폭 방법

제안하는 첫 번째 방법인 최소 대역폭 방법은 멀티캐스트 그룹의 멤버가 사전에 알려져 있다고 가정한다. 멀티캐스트 그룹 내의 모든 멤버는 코어로부터 데이터를 받을 수 있고 다른 그룹 멤버에게 데이터를 전송할 수 있다. 그리고 코어 선정 대상은 그룹 참여

여부와는 상관없다.

공유 트리를 사용하는 멀티캐스트를 위해 본 논문에서 제안하는 코어 위치 선정 방법은 다음과 같다. 제안 방법을 살펴보기에 앞서 관련 용어인 총 대역폭 Bt를 정의한다. Bt는 주어진 시간에 멀티캐스트 세션을 위해 최단 경로 트리에 의해 소비되는 대역폭의 총 양이다. 먼저 주어진 범위 안에서 멀티캐스트 그룹에 참여하려는 각 노드들로부터 다른 노드들의 최단 경로 트리를 구한다. 그 후 최단 경로 상의 노드(홉)를 대역폭 소비 단위로 하여 최소 대역폭을 소비하는 노드를 코어로 선택하는 방법이다.



<그림 1> Bt 계산에 사용하기 위해 최단 경로 알고리즘으로 구한 최단 경로 트리

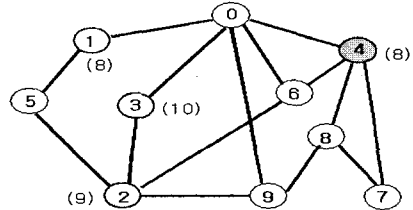
최단 경로 트리를 사용하는 이유는 공유 트리를 사용하는 멀티캐스트 프로토콜에서 코어로부터 멀티캐스트 그룹 멤버로의 경로가 최단 경로이기 때문이다. 이처럼 최단 경로를 따르면서 계산한 대역폭 소비량을 코어 선택의 기준으로 사용하는 방법이다.

위의 <그림 1>은 하나의 송신 노드에서 그룹에 참여하는 다른 노드들의 최단 경로 트리, 즉 소스 트리를 보여준다. <그림 1>을 보면 각 노드가 V1, V2에서 V13까지 표시되어 있으며 노드 사이의 링크에는 노드 사이의 홉 카운트가 표시되어 있다. <그림 1>에서 각 노드를 연결하기 위해 사용된 모든 링크의 홉 카운트 합 Bt는 50이 된다.

이런 식으로 그룹에 포함되는 각 노드를 하나의 송신 노드로 설정하여 그룹의 다른 노드들의 최단 경로 트리를 구한다. 이를 이용해 구한 송신 노드들의 Bt 값 중에서 가장 적은 Bt를 가진 노드가 코어로 선택된다. 이 방법을 최소 대역폭 방법이라 한다. 예를 들면 <그림 2>는 10개의 노드를 가진 그래프에서 멀티캐스트 그룹에 속하는 노드(1, 2, 3, 4)를 대상으로 최소 대역폭 방법을 적용하여 코어를 선정한 것을 보여준다. 그룹에 참여하는 노드 근처에 최단 경로 트리를 이용하여 계산한 대역폭 값이 괄호 안에 나타나 있다. <그림 2>에서는 노드 1과 노드 4가 같은 대역폭 값을 가지고 있다. 이 경우에는 랜덤하게 두 노드 중 하나를 코어로 선택하는데 여기에는 노드 4가 코어로 선정되었다.

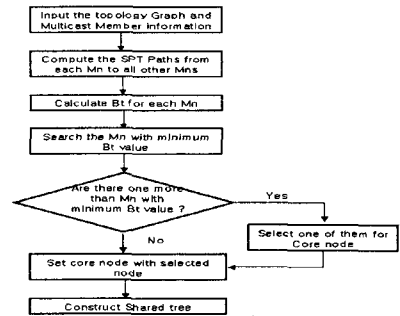
앞서 살펴 본 것과 같이 이 방법으로 코어를 선정하면, 코어에서 그룹 멤버로의 데이터 전송 시, 대역폭 소비를 최소화 할 수 있는 방법이 될 수 있다. 그러므로 네트워크에 주어진 대역폭의 한계가 있을 때 더욱 효율적인 방법이 된다. 그리고 최대 가중치 방법

과 비교하면 최단 경로 알고리즘을 통해 계산해야 할 정보의 양이 줄어 드는 효과가 있다. 즉 검색의 범위가 최대 가중치 방법에서는 주어진 영역의 모든 노드의 집합 V에 대한 가중치를 조사해야 하지만 제안하는 방법은 그룹에 참여하는 노드 Mn(Mn ∈ V)들을 대상으로 조사를 하기 때문이다.



<그림 2> 최소 대역폭 방법을 사용한 코어 선정

<그림 3>은 제안 방법의 주요 단계를 설명하는 플로우 차트이다.



<그림 3> 제안 코어 선정 방법의 플로우 차트

4.2 최소 평균 지연 방법

본 논문에서 제안하는 두 번째 방법에서 코어 선정의 대상은 주어진 영역에 포함하는 모든 노드를 대상하며 멀티캐스트 그룹의 멤버가 이전에 알려져 있을 필요가 없다. 이 방법은 최소 평균 비용 방법과 유사하지만 비용의 인자를 홉 카운트가 아닌 링크의 지연을 인자로 사용하는 방법이다. V를 지정된 범위의 노드 집합이라 하고 E는 V에 속하는 노드를 연결하기 위한 링크의 집합이라 하자. G = (V, E)는 지정된 범위 안에서 네트워크를 나타내는 무방향 그래프이다. d(u, v)를 노드 u에서 v로 가는 최단 경로를 따르는 링크의 지연의 합이라 하자. (u, v ∈ V). 노드 d의 평균 지연 비용 Cost(d)는 아래와 같이 정의된다.

$$Cost(d) = \frac{1}{|V|} \sum_{x \in V} d(u, x)$$

|V|는 노드의 집합 V의 크기이다. 이 방법에서 코어는 최소 평균 지연 비용을 가지는 노드가 된다. 즉 cost(d)의 값이 가장 작은 값일 때의 노드가 코어 노드이다. 최소 평균 지연 비용을 계산하기 위해 요구되는 정보는 정해진 노드에서 최단 경로를 따라 나머지 노

드로의 전체 지연 비용이다.

실제 네트워크에서는 동시에 여러 활성화되는 멀티캐스트 연결이 있을 수 있으며, 동시에 한 노드가 여러 멀티캐스트 연결의 코어로서 선택될 수 있다. 이로 인해 코어에서 병목 현상이 발생된다. 즉 미리 정의된 임계치 이상의 부하가 발생하는 상황에서 코어의 병목 현상을 해결하기 위해 다른 노드가 코어로 선정되어야 한다. 이를 위해 임의의 코어 선택 방법에서는 다시 랜덤하게 코어를 선택하게 될 것이고, 위상 기반 코어 선택에서는 위상에 따라 그 다음으로 중심에 가까운 노드가 코어로 선택된다. 최소 지연 평균 방법에서는 다음으로 지연이 작은 노드가 코어로 선택되게 한다. 이는 최소 대역폭 방법에도 적용된다. 만일 동일한 평균 지연 값을 가지는 노드가 하나 이상 존재한다면, 그들 중 하나를 랜덤하게 선택한다.

제안하는 두 번째 방법은 네트워크의 지연 감소에 중점을 두는 상황에서 코어 선정에 적용할 경우 더욱 유리하다. 그리고 주어진 영역의 모든 노드들을 대상으로 하기 때문에 그룹 기반 코어 선택 방법처럼 멀티캐스트 그룹의 멤버 변화에 큰 영향을 받지 않는다. 최소 평균 지연 방법은 최소 대역폭 방법과 유사한 단계로 수행된다.

4.3 기존 방법과 제안 방법간 비교

제안 방법과 기존 방법간의 비교를 <표 1>에 나타내었다. 모두 주어진 영역의 노드가 코어로 선정될 수 있으며, 임의의 코어와 위상 기반 코어 선택 방법을 제외한 나머지 방법들은 비슷한 복잡도를 가진다. 그리고 최소 대역폭 방법과 최소 평균 비용 방법은 홉 카운트를 인자로 사용하고 있으며 최대 가중치 방법은 노드를 지나는 최단 경로의 수, 최소 평균 지연 방법은 링크 지연을 인자로 사용하고 있음을 볼 수 있다.

최소 대역폭 방법은 SPT 계산 대상이 다른 방법에 비해 적음을 알 수 있다. 제안하는 최소 대역폭 방법은 그룹 정보를 사용하는 방법으로 다른 방법보다 멤버의 분포 변화에 따라 좀더 효율적으로 코어를 선택할 수 있다. 그리고 홉 카운트에 따른 대역폭 소비에 중점을 둔 방법으로 노드의 수와 그룹에 참여하는 멤버의 수가 많을수록 성능을 발휘 할 것으로 예상된다.

최소 평균 지연 방법은 링크 지연 정보를 사용하여 네트워크상에 트래픽이 많을 때 좀더 효율적인 성능을 기대할 수 있다.

<표 1> 기존 방법과 제안 방법 비교

코어선택방법	임의 코어 선택	위상 기반 코어 선택		그룹 기반 코어 선택	
		최대 가중치	최소 평균 지연	최소 대역폭	최소 평균 비용
내용(안목)	임의선택	노드를 지나는 최단 경로 수	링크 지연	홉 카운트	홉 카운트
코어선택인자	임의선택	네트워크 대역폭	네트워크 대역폭	그룹 멤버 정보 수	거리벡터정보
기본요구정보	없음	도출되지 정보 수	도출되지 수	최단 경로 정보	최단 경로 정보
SPT 적용 대상	없음	주어진 영역의 모든 노드	주어진 영역의 모든 노드	영역에 속하는 노드	주어진 영역의 모든 노드
계산 복잡도	최소	O(V)	O(V)	O(M)	O(V)

5. 결론 및 향후 과제

이 논문은 공유 트리를 사용하는 멀티캐스트를 위한 두 가지 코어 선택 방안을 제안하였다. 이러한 제안의 근거로 멀티캐스트 트리의 형성이 최단 경로 트리를 사용한다는 점을 활용하고 있다[7]. 2장에서 언급한 코어 위치 선택의 고려 사항의 네 번째 요소인 네트워크 트래픽 지연 감소 및 대역폭 요구를 고려한 코어 선택 방안을 기술하였다. 그리고 실제 네트워크 상에서는 그룹의 위치가 어떻게 변하게 될지 예상할 수 없기 때문에 멤버의 변화가 있더라도 전체적으로 일정한 수준의 성능을 발휘할 수 있게 유연성을 갖춘 방법이라 할 수 있다. 이는 제안한 방안에서 코어를 찾기 위한 대상을 그룹의 멤버로 한정하지 않고 전체 노드로 대상 범위를 확대함으로써 이루어 질 수 있다.

향후 과제로는 실험을 통한 제안 기법의 성능 검증이다. 또한, 멀티캐스트 그룹에 참여하는 노드들을 사전에 설정하는 환경 및 노드 수의 제약과 같은 제한된 실험 환경에서 벗어나 유동적인 그룹 멤버의 활동을 고려하는 환경에서의 실험 및 이에 대한 고찰이 필요하다.

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. 185-95, 1993.
- [2] K. Calvert, R. Madhavan, and E. W. Zegura, "A Comparison of Two Practical Multicast Routing Schemes," Tech; Rep. GIT-CC-94/25, College of Computing, Georgia Institute of Technology, February 1994.
- [3] A. J. Ballardie, "Core Based Trees (CBT) Multicast Routing Architecture," Internet RFC 2201, September 1997.
- [4] Thaler, D. G. and Ravishankar, C. V., "Distributed Center-Location Algorithms," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 3, pp. 291-303, April 1997.
- [5] Calvert, K. L., Zegura, E. W., and Donahoe, M. J., "Core Selection Methods for Multicast Routing," Proc. Int. Conf. On Computer Communications and Networks, pp. 638-642, July 1995.
- [6] Gulati, A.; Rai, S. "Core Discovery in Internet Multicast Routing Protocol," Performance, Computing and Communications Conference 1999, IPCCC '99. IEEE International, pp. 143 -149 10-12 February 1999.
- [7] H. C. Lin and S. C. Lai, "Core Placement for The Core Based Tree Multicast Routing Architecture," IEEE GLOBECOM, 1998.
- [8] Hwa-Chun Lin and Shou-Chuan Lai, "A Simple and Effective Core Placement Method for the Core Based Tree Multicast Routing Architecture," Performance, Computing, and Communications Conference, 2000. IPCCC '00. Conference Proceeding of the IEEE International, pp. 215-219, February 2000.
- [9] B. M. Waxman, "Routing of Multipoint Connections," IEEE Journal on Selected Area in Communications, vol. 6, no. 9, pp. 1617-1622, December 1998.