

변형된 SPT(Shortest Pass Tree) 알고리즘을 활용한 호스트 멀티캐스트 QoS 향상 기법 연구

임동기*, 남윤승*, 남지승*
*전남대학교 컴퓨터공학과
e-mail:imdonggee@gmail.com

A Study of QoS(Quality of Service) Improvement for Host Multicast Using Modified SPT(Shortest Pass Tree) Algorithm

Donggee Im*, Yun-Seung Nam*, Ji-Seung Nam*
*Dept of Computer Engineering, Chonnam National University

요 약

호스트 멀티캐스트는 IP 멀티캐스트에 비해 지연시간이나 대역폭 사용의 측면에 있어서 비효율적이다. 실시간 방송 서비스에서 사용자들에게 QoS를 보장하기 위해 호스트 멀티캐스트의 이런 비효율성을 줄여야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 각 호스트들의 제한된 자원과 네트워크 환경을 고려하여 실시간 방송 서비스에 적합한 호스트 멀티캐스트 트리를 구성하는 알고리즘을 제안하고 적용하여 시뮬레이션 한다.

1. 서론

집단 간의 응용프로그램을 이용한 통신에는 효율적이고 확장 가능한 멀티캐스트 메커니즘이 필요하다.

IP 멀티캐스트는 패킷의 복제와 전송을 라우터가 담당하기 때문에 멀티캐스트를 위한 라우터의 개선, 혼잡제어와 전송의 신뢰성에서 여러 가지 문제점이 있다. 반면, 호스트 멀티캐스트는 응용 계층에서 멀티캐스트 트리를 구성하기 때문에 패킷의 복제와 전송이 각 호스트에 응용 프로그램만 갖추어지면 구현될 수 있다. 그러나 호스트 멀티캐스트는 IP 멀티캐스트에 비해 지연시간이나 대역폭의 사용의 측면에 있어서 비효율적이라는 단점이 있다. 호스트 멀티캐스트는 사용자들에게 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위해서 최대한 이런 비효율성을 줄이고 멀티캐스트 트리를 구성하는 것이 중요한 목표이다.

본 연구에서는 각 호스트들의 제한된 네트워크 환경을 고려하여 실시간 방송 서비스에 적합한 호스트 멀티캐스트 트리를 구성하는 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 각 노드들의 가용대역폭과 Delay를 제안하는 Score-function에 적용한 후, 변형된 SPT(Shortest Pass Tree) 알고리즘을 사용하여 최적의 트리를 구성한다.

2. 본론

2.1 Score Function

□ 한 노드 i 의 가능한 Out-degree

$$avaD_i = \left\lfloor \frac{\gamma \cdot \max_{use} BW_i - use BW_i}{req BW} \right\rfloor \quad (0 < \gamma \leq 1)$$

- $avaD_i$ = 노드 i 의 Out-degree
- $\max_{use} BW_i$ = 노드 i 의 최대 대역폭
- $use BW_i$ = 현재 사용 중인 대역폭
- $req BW$ = 노드 i 로 요청되는 대역폭
- γ = 노드의 최대 대역폭 조정 변수

□ 한 호스트의 Delay

$$RTT_i = \sum_{j \in f_i} RTT_{ij} \quad (f_i = i\text{노드와인접한노드})$$

- RTT_{ij} = 노드 i 와 노드 j 사이의 RTT값
- RTT_i = 노드 i 와 인접한 모든 노드들 간의 RTT값의 합

여기서 노드 i 는 인접하고 있는 모든 노드들과의 RTT값을 구하고 합한 값을 저장한다.
두 식을 사용하여 노드의 대역폭과 Delay를 고려한 Score Function을 유도하였다.

□ Score Function

$$Func(i) = \alpha \left(\frac{\gamma \cdot \max_{req} BW_i - use BW_i}{req BW} \right) + (1 - \alpha) \left(\frac{1}{RTT_i} \right) \quad (0 < \alpha \leq 1)$$

$Func(i)$ 의 값이 높을수록 가용대역폭이 크고, 딜레이가 적은 호스트를 의미한다. 이 값은 각 링크의 가중치 값이 되고, 변형된 SPT 알고리즘(Modified Dijkstra)을 통해 트리를 구성할 수 있다.
네트워크 상황과 응용분야에 따라서 대역폭과 Delay사이의 가중치(α)를 조정할 필요가 있다.

2.2 변형된 SPT 알고리즘(Modified Dijkstra)

```

Dijkstra (G, w, s)
  for (V[G]안의 모든 정점 v)
    d[v] = ∞
    previous[v] = Null
    d[s] = 0
    OutDegree = i (i는 임의의 상수)
  Q안에 모든 정점을 입력

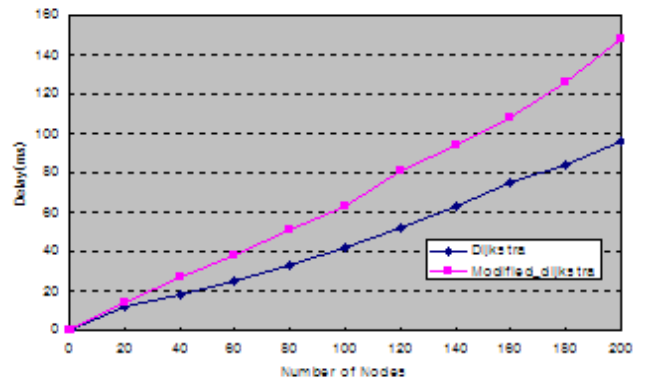
  While (Q != ∅)
    u를 Q에서 빼낸다.
    (u = Q안에 있는 값 중 가장 작은 값)
    for (u에 인접한 정점 v를 선택, v는 Q안에 있는 정점으로 c(u, v)값이 작은 순으로 선택)
      if (OutDegree = 0)
        d[v] = ∞, v를 Q안으로 넣는다.
        OutDegree = i
      else if (d[v] > d[u] + c(u, v))
        d[v] = d[u] + c(u, v)
        previous[v] = u
        OutDegree --
    
```

- S = 모든 정점들의 집합
- Q = 우선순위 큐
- OutDegree = 제한하는 차수
- c(u, v) = 정점 u, v사이의 Cost
- d[v] = 정점 v의 Label

- s = source
- previous[v] = source에서 정점 v까지의 Shortest Path에서 v이전의 정점

3. 실험

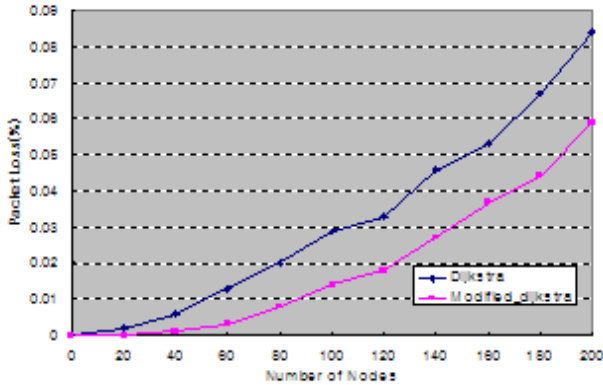
본 연구에서는 제안된 모델의 성능을 평가하기 위해 GT-ITM을 이용해서 Flat-random Graph 방식으로 토폴로지를 생성하였으며 총 노드의 수는 200개로 구성하였다. 각 노드들의 최대 대역폭은 약 100Mbps로 설정하였고 노드들 간의 링크 확률은 10~60%로 변화시켜 보았다. 링크 대역폭은 10~20Mbps로 주었으며, 이는 각 노드의 Out-degree에 할당된 대역폭의 합이 최대 대역폭인 100Mbps를 넘지 않도록 고려한 것이다.
제안한 모델에서 한 개의 호스트가 가지는 최대 Out-degree 값은 100Mbps의 네트워크 환경에서 최소 25Mbps 정도의 대역폭이 필요한 HD급 영상을 서비스 한다고 가정하였고, 이를 모델링하기 위해서 Network Simulator2를 이용하였다.
구성된 네트워크 토폴로지를 기초로 하여 노드의 수를 증가시켜 가면서 전송 지연과 패킷 손실률, 링크혼잡도 등을 측정하였다.



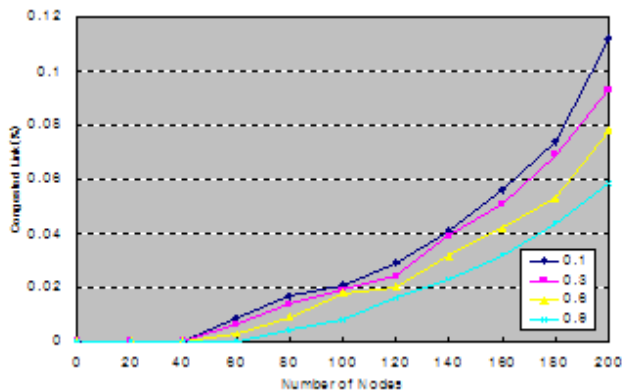
[그림 1] 호스트 수의 증가에 따른 평균 딜레이

[그림 1]의 시뮬레이션 결과를 보면 총 딜레이의 합은 Dijkstra가 변형된 Dijkstra보다 작다는 것을 알 수 있다. Delay 뿐만 아니라 대역폭까지 고려한 제안 알고리즘의 성능이 낮게 나오는 것은 당연하다. 그러나 이 시뮬레이션에는 Dijkstra 알고리즘이 월등히 높을 것을 생각되는 Queuing Delay가 포함되어 있지 않기 때문에 정확한 결과라고 보기에는 힘들다. [그림 2]의 시뮬레이션 결과를 보면 제안하는 알고리즘의 패킷 손실율이 Dijkstra 알고리즘의 손실율 보다 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 Score function에서 대역폭을 고려했기 때문에 패킷의 손실이 줄어든 것이다. [그림 3]은 Score function의 α 값의

변화에 따른 혼잡 링크율을 볼 수 있다. α 값이 작을수록 대역폭보다 Delay를 더 고려한 것이기 때문에 혼잡링크가 더 많은 것을 볼 수 있다. 또한 노드의 수가 40개 이하일 때는 혼잡링크가 거의 없는 것도 알 수 있다.



[그림 2] 호스트 수의 증가에 따른 패킷 손실율



[그림 3] α 값에 따른 혼잡 링크율

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 각 호스트들의 제한된 자원과 네트워크 환경을 고려하여 호스트 멀티캐스트 트리를 구성하는 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 각 노드들의 가용대역폭과 Delay를 Score-function에 적용하여 Cost값을 구한 후, 변형된 SPT 알고리즘(Modified Dijkstra)을 사용하여 최적의 트리를 구성하게 된다. 이로 인해 실시간 방송 서비스에서 극복해야 할 가장 큰 문제점인 QoS를 높일 수 있었고, 호스트 멀티캐스트가 가지는 단점인 지연시간과 대역폭 사용의 측면에 있어서의 비효율성을 줄일 수 있었다.

모의실험을 통해서 제안 알고리즘이 트래픽 분배에서 Dijkstra 알고리즘보다 좋은 성능을 가진다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 다중 제약을 가지는 기존의 트리구성 알고리즘들과 비교했을 때 대역폭의 효율성과 혼잡링

크 제어에 좋은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

향후연구로는 제안 알고리즘은 고정된 토폴로지에만 적용이 용이하기 때문에, 트리의 확장성을 위해서 노드의 Join과 Leave정책을 수립하는 것을 고려할 수 있다.

참고문헌

- [1] Y. Chu, S. G. Rao, H. Zhang, "A Case for End System Multicast," in Proceedings of ACM SIGMETRICS, June, 2000.
- [2] D. Pendarakis, S. Shi, D. Verma, M. Waldvogel, "ALMI: An Application Level Multicast Infrastructure", 3rd USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, Mar. 2001.
- [3] Y. Chawathe, S. McCanne, and E. A. Brewer, "RMX: Reliable Multicast for Heterogeneous Networks", IEEE INFORCOM'00, Jun. 2000.
- [4] V. Roca and A. El-sayed, "A host-based Multicast(hbm) Solution for Group Communications", 1st IEEE International Conference on Networking, Colmar, France, July. 2001.
- [5] R. Guerin, Ariel Orda, and D. Williams, "QoS Routing Mechanisms and OSPF Extension," Proc. of 2nd Global Internet Miniconference (Joint with Globecom'97), Nov. 1997.
- [6] Q. Ma and P. Steenkiste, "On Path Selection for Traffic with Bandwidth Guarantees," Proc. of IEEE Int'l Conf. on Network Protocol, Oct. 1997.
- [7] B. Davie and Y. Rekhter, "MPLS Technology and Applications," Morgan Kaufmann Publishers, 2000.