

방향성을 고려한 오버레이 멀티캐스트 기법

조이태^o 양기선 선승상 엄영익
성균관대학교 정보통신공학부

{ytcho^o, threes, yieom}@ece.skku.ac.kr kisyang@samsung.com

Overlay Multicast Scheme with Degree of direction

Yi-Tae Cho^o, Gi-Sun Yang Seung-Sang Sun, Young-Ik Eom
Dept of Electronic and Computer Engineering Sungkyunkwan University

요 약

현재 IP 멀티캐스트의 도입의 지연으로, 기존의 유니캐스트 망 기반 멀티캐스트의 필요성이 대두되어 오버레이(Overlay) 멀티캐스트 관련 연구가 진행 중이다. 특히, 확장성 제고와 작은 오버헤드 등으로 효율적인 CBT(Core Based Trees) 기반의 오버레이 멀티캐스트에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 그러나 기존의 거리 매트릭(Metric) 기반의 CBT로 오버레이 트리를 구성하는 경우, 특정 라우터에 패킷이 집중되는 현상으로 인하여 혼잡이 발생하여 멀티캐스트 성능 저하뿐만 아니라 네트워크 전체 성능을 저하시킬 수 있다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여, 코어 노드를 기준으로 이웃하는 두 노드 간의 패킷 중계 방향성을 계산하는 알고리즘을 제안하고, 이 결과값을 이용하는 새로운 매트릭 기반의 CBT를 구성하고자 한다.

실험 결과, CBT 상의 자식 위치에 있는 중단 노드로 패킷을 중계하는 과정에서 중복되는 패킷 전송 경로를 최소화하여 CBT를 구성함으로써 특정 라우터에 집중되는 트래픽을 줄이거나 다른 라우터로 트래픽을 분산함으로써 혼잡 발생 가능성을 낮추어 보다 안정적인 통신을 기대할 수 있다.

1. 서론

인터넷의 생활화로 사적 방송 및 정보 제공 등을 위한 멀티캐스트 통신의 요구는 계속해서 증가하고 있으나, 현재 ISP 백본 망에서 멀티캐스트 라우터 교체 비용 등의 이유로 IP 멀티캐스트의 도입이 지연되고 있다. 이에 따라 기존의 유니캐스트망 기반 멀티캐스트의 필요성이 대두되어, 오버레이 멀티캐스트 관련 연구가 진행 중이다. 특히, 소량의 제어 메시지와 작은 정보량을 요구하는 CBT[1] 기반의 연구가 활발히 진행 중에 있다. 현재의 CBT 기반의 오버레이 멀티캐스트는 노드 간의 거리를 기준으로 부모 또는 자식 노드를 선택 하여 CBT를 구성한다. 이렇게 구성된 CBT의 전체 노드로 패킷을 중계하는 과정에서 특정 라우터나 링크에 트래픽의 집중으로 혼잡이 발생하여, 멀티캐스트 성능 저하와 네트워크의 전체 성능을 저하시키는 문제가 발생할 수 있다.

본 논문은 이러한 패킷 중계 과정에서 특정 라우터나 링크에 트래픽이 집중되는 문제를 해결하는 것을 목표로 한다. 이를 위하여, 거리 대신 코어 노드를 기준으로 노드간 상대 위치를 방향성으로 계산하여 CBT를 구성함으로써 특정 라우터에 트래픽이 집중되는 문제를 해결하고자 한다.

2. 관련 연구

오버레이 멀티캐스트의 기본 개념은 멀티캐스트 라우터로 구성된 네트워크에서 멀티캐스트를 수행하는 대신, 중단 노드에서 패킷을 중계하는 방법으로 유니캐스트 기반의 멀티캐스트를 수행하는 것이다. 즉, 중단 노드에서 멀티캐스트 라우터의 역할을 수행하는 것이다. 네트워크에서 멀티캐스트를 수행하는 것보다 지연 시간이나 동일한 패킷 수가 증가하나, 멀티 캐스트 라우터를 필요로 하지 않아 기존의 유니캐스트 망 기반에서 효율적인 멀티캐스트 통신을 제공할 수 있다. 오버레이 멀티캐스트 프로토콜 관련 연구들로는, DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol) 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 적용한 Narada[2], 네트워크 상에 scattercast 프록시(proxy)를 설치하여 프록시 간의 유니캐스트 통신을 이용한 ScatterCast[3], 그리고 CBT 기반의 연구들이 진행 중에 있다.

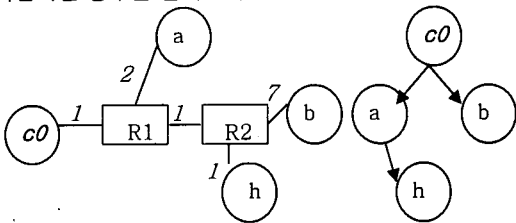
이러한 오버레이 멀티캐스트의 핵심은 동일한 멀티캐스트 그룹에 속한 중단 노드들로 효율적인 패킷 전송을 위한 오버레이 트리를 구성하고 유지하는 것이다. CBT는 코어 노드로 트래픽이 집중되는 단점이 있으나, 멀티캐스트 멤버의 변동에 대하여 상대적으로 적은 제어 메시지를 발생하고 각 중단 노드에서 관리해야 할 정보량이 적어 확장성이 뛰어난 장점과, 구현이 쉽고 또한 중단 노드의

처리 속도 향상과 데이터 전송 능력 향상에 비례하여 중계 가능한 자식 수를 증가시킴으로써 전체 멀티캐스트의 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 현재 CBT 기반의 오버레이 멀티캐스트 프로토콜로는, DNS를 이용하고 노드들의 중계 능력과 거리를 고려하여 CBT를 구성하는 YOID[4], 그리고 호스트들을 계층적으로 정렬하여 CBT를 구성하는 NICE[5] 등이 연구 진행 중이다. 이러한 CBT 기반 오버레이 멀티캐스트 연구에서는 기본적으로 노드간의 거리가 가까운 노드를 부모 또는 자식 노드로 선택하여 CBT를 구성한다. 거리를 매트릭으로 구성하는 CBT에서는, CBT상의 전체 노드들로 패킷을 중계하는 과정에서 특정 링크나 라우터를 중복되게 경유, 해당 링크나 라우터에 트래픽이 집중되어 혼잡이 발생할 수 있다. 일반적으로 멀티캐스트는 TCP와 달리 혼잡 제어 메커니즘을 갖고 있지 않는 UDP를 기반으로 동작하므로, 네트워크에 혼잡이 발생하는 경우에도 트래픽 양을 감소하지 않고 계속해서 패킷을 네트워크로 전송한다. 그 결과, 패킷의 손실로 인한 멀티캐스트의 성능뿐만 아니라, 네트워크의 성능을 악화시키고, 네트워크상의 다른 TCP 연결들과의 형평성 문제를 일으킬 수 있다.

3. 방향성을 고려한 멀티캐스트 기법

3.1 거리(distance) Metric 기반 CBT의 문제점

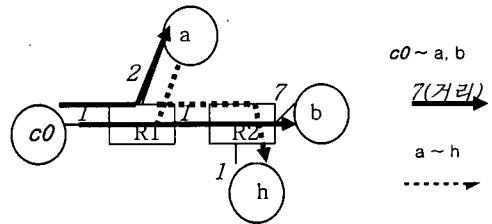
(그림 1-a)와 같은 네트워크에서 코어 노드가 $c0$ 인 거리 Metric 기반 CBT에, 노드 a, b, h 의 순서로 가입하는 경우를 살펴보자.



(a) 네트워크 예 (b) 거리 기반의 CBT (그림 1) 네트워크 예

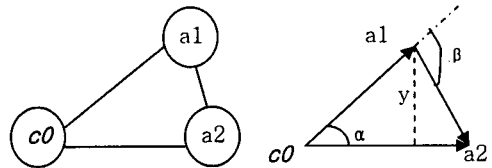
코어 $c0$ 의 수용(중계) 가능한 자식 수가 2인 경우, (그림 1-b)의 CBT를 구성한다.

N 개의 멀티캐스트 패킷을 전체 CBT로 전송하기 위하여, 라우터 R1에서 $3 * N$ 개의 패킷을 처리한다. 그림 2에서 보듯이, $c0$ 에서 R1을 경유하여 a 와 b 노드로 중계하는 경로에 대하여, a 노드에서 h 노드로 패킷을 중계하는 경로가 R1을 경유하여 되돌아가기 때문이다. 이와 같이, R1을 경유하여 되돌아가는 횟수가 증가하면, 라우터 R1에서는 혼잡이 발생할 수 있다. 이처럼, 거리 매트릭 기반의 CBT에서는 가입 순서에 따라 혼잡이 발생하는 문제점이 있다. 특히 라우터 R1과 같이 코어 노드와 연결된 라우터에서 혼잡이 발생하는 경우, 전체 CBT에 영향을 미치는 심각한 문제를 야기시킨다.



(그림 2) (그림 1-b)의 멀티캐스트 패킷 중계 경로

3.2 방향성(degree of direction) Metric 기반 CBT

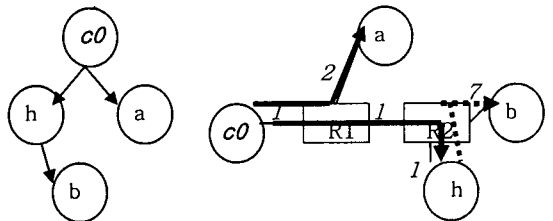


(그림 3) 코어 기준으로 이웃 노드간의 위치 관계 표시

3.1절에서 설명한 거리 매트릭 기반 CBT의 문제점은, 코어 노드에서 각 노드로 전송되는 패킷들의 전송 진행 방향을 분석하여 진행 방향이 같은 노드를 CBT에서의 부모 또는 자식 노드로 선택함으로써 해결할 수 있다. 그림 3과 같이 코어 노드와 이웃하는 두 노드들간의 거리를 변으로 하는 삼각형을 형성할 수 있다.

본 논문에서는, 이 삼각형의 내외각과 높이를 이용하여 노드간 중계되는 패킷들의 진행 방향성을 구한다.

두 노드간의 방향성 값이 작을수록, 두 노드는 코어 노드로부터 전송되는 패킷의 진행하는 방향이 동일하다고 간주하여 부모 또는 자식 노드로 선택한다. (그림 4-a)는 (그림 1-a)의 예에 대하여, 거리 대신 방향성 값을 새로운 매트릭으로 이용하여 구성한 CBT를 나타낸다. (그림 4-b)에서 보듯이, 이 방향성 값을 매트릭으로 이용하여 그림 2에서와 같은 되돌아가는 경로를 피함으로써 라우터 R1에서는 $2 * N$ 개의 패킷을 처리 한다.



(a) 방향성 기반의 CBT (b) (a) CBT에서의 패킷 중계 (그림 4) 방향성 기반 CBT와 패킷의 중계

(그림 5)는 본 논문에서 제안하는 방향성 계산 알고리즘으로 다음과 같다.

```

Procedure : direction(a1, a2)
hc ← dist( c0, c(a1, a2) )
    // c(a1,a2) : 코어 노드에서 거리가 먼 노드를 계산
ac ← dist( c0, p(a1, a2) )
    // p(a1,a2) : 코어 노드에서 거리가 가까운 노드를 계산
ha ← dist( a1, a2 )
if ( hc + ac ≤ ha ) return ∞ // 방향성이 전혀 없음
else if ( ac + ha ≤ hc ) return 0 // 같은 방향성을 가짐
end if
x ← ( (hc+hc) + (ac+ac) - (ha+ha) ) / ( 2 * hc )
y ← sqrt( ac*ac - x*x ) // 높이 계산
if ( x > 0 )
    α ← atan( y / x ) * ( 180 / Pi )
else
    α ← 180 - atan( y / -x ) * ( 180 / Pi )
end if
γ ← atan( y / ( hc - x ) ) * ( 180 / Pi )
β ← α + γ
return ( α + β ) * y // direction(a1, a2)의 결과 값
    
```

(그림 5) 두 노드 a1, a2 간의 방향성 계산 알고리즘

4. 성능 평가

4.1 시뮬레이션 환경

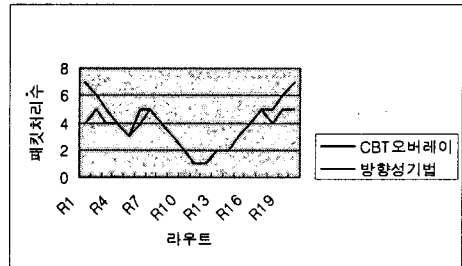
시뮬레이션은 인텔 펜티엄 III 550 MHz의 CPU에 Linux OS(Kernel 버전 2.4.20)를 탑재하여 수행하였다.

- 라우터, 중단 노드(호스트) : 본 논문에서 제안한 알고리즘을 UDP 소켓 프로그램으로 구현하고, 프로세스 형태로 동작하면서 라우팅 및 중단 노드의 역할을 수행한다.
- 부모 노드의 자식 수 : CBT 상의 노드는 하나의 부모 노드를 가지며, 각 부모 노드에서의 중계 가능한 자식의 수를 3으로 가정하였다.

4.2 성능 평가

기존의 거리 매트릭 기반 CBT 오버레이 멀티캐스트와 본 논문에서 제안한 방향성 매트릭 기반의 CBT 오버레이 멀티캐스트를 수행하여, 코어 노드에서 하나의 패킷을 전체 CBT로 전송하는 과정에서 다음의 라우터에 패킷이 집중되는 정도를 비교하여 성능 평가한다.

- (i) 전체 CBT의 성능에 영향을 미치는 코어 노드가 연결된 라우터의 처리 패킷 수
- (ii) 코어 노드 외의 가장 많은 패킷을 처리하는 라우터의 처리 패킷 수



(그림 6) 라우터별 처리 패킷수 결과

실험 과정은 링, 선형, 스타, 토폴로지 네트워크를 가상으로 구성한 뒤, rand() 함수를 이용하여 임의로 선택한 노드들이 속한 멀티캐스트 그룹의 회원 노드 수를 증가시키면서 실험을 하였다. 그 결과, (i) 라우터와 (ii) 라우터에 집중되는 트래픽이 기존의 거리 매트릭 기반 CBT를 적용한 결과보다 각각 약 38%, 15% 감소하는 효과를 얻을 수 있다. 그림 6은 스타방식에서의 라우트의 처리패킷수를 보여준다. 이러한 효과는 CBT의 자식 위치에 있는 중단 노드로 패킷을 중계함에 있어서, 부모 노드로부터의 패킷 전송 경로에 포함되었던 라우터를 경유하여 역으로 되돌아가는 것을 피함으로써 얻는 결과이다. 특정 라우터에 집중되는 트래픽을 줄이거나 다른 라우터로 트래픽을 분산함으로써 혼잡 발생 가능성을 낮추어 네트워크의 보다 안정적인 통신을 기대할 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 거리 대신 새로운 방향성 매트릭 기반의 CBT를 이용하는 오버레이 멀티캐스트를 제안하였다 이러한 기법으로 인하여 특정 라우터에서의 혼잡 발생 가능성을 감소시킴으로써, 보다 안정적인 멀티캐스트를 기대할 수 있을 것이다.

향후 연구 과제로는, CBT 멤버간의 보안과 패킷 중계 지연을 고려한 CBT 기반의 오버레이 트리에 관한 연구를 할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] A. Ballardie, "Core Based Trees (CBT version 2) Multicast Routing", RFC 2189, September, 1997
- [2] Y.H.Chu, S.G.Rao, and H.Zhang, "A Case for End System Multicast", Proceedings of ACM SIGMETR ICS, June 2000.
- [3] Y.Chawathe. Scattercast: An Architecture for Internet Broadcast Distribution as an Infrastructure Service. Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley, Dec. 2000
- [4] P. Francis. Yoid : Extending the Multicast Internet Architecture, 1999. White paper
- [5] Suman Banerjee, Bobby Bhattacharjee, Christopher Kommareddy, "Scalable Application Layer Multi cast", ACM SIGCOMM, August 2002.