

# PIM-SM에서의 최적의 임계치에 관한 고찰

김대환\*, 이연수, 김태훈, 박혜련, 이기현

\*명지대학교 컴퓨터공학과

e-mail:thkim@mju.ac.kr

## Consideration about Optimal Threshold in PIM-SM

T.H. KIM\*, Y.S. LEE, T.H. KIM, H.L. PARK, K.H. LEE

\*Dept of Computer Engineering, Myong-Ji University

### 요 약

PIM-SM은 특정 라우터를 RP(Rendezvous Point)로 설정하여 이 RP를 루트로 하고 한 그룹 내에서 공유하는 RPT(RP-rooted Shared Tree)를 사용한다. 초기에는 RPT를 통해 진송이 이루어지지만 마지막 홉 라우터에 트래픽 임계치의 값이 설정되어, 한 그룹에 대한 임계값이 초과되었을 경우 RPT에서 수신자가 소스를 루트로하는 SPT(Shortest Path Tree)로 트리 전환을 시도한다. 그러나 RPT에서 SPT로 전환하는 동안 네트워크 내부의 전송상태 결여로 인해 패킷손실이 발생하고 소스의 데이터 패킷이 수신자에게 전달되지 못할 가능성이 발생한다. 본 연구에서는 유동적인 망의 전송되는 데이터의 양이 일시적으로 증가했을 때 임계치의 값에 따른 패킷 손실율을 조사하여 최적의 임계치를 찾아낸다.

### 1. 서론

통신망이 고속화, 지능화됨에 따라 일대일 통신 서비스에서 다 자간 멀티미디어 서비스로 통신 서비스 유형이 변화하고 있으며, 최근 인터넷 기반의 TV, 교육, 주식정보, 오락, 뉴스, 홍보 등의 인터넷 방송 서비스에 대한 수요가 급격히 증가함에 따라, 인터넷 멀티캐스트 전송 기술이 주목을 받고 있다. 그러나 기존의 인터넷 환경은 지난 10여년 동안의 기술 발전에도 불구하고 아직 보편화되지 않아 초고속 멀티미디어 서비스의 제공이 어렵다[1]. 이러한 다 자간의 통신 서비스를 제공하기 위해서는 일대다 또는 다대다의 다중 연결과 멀티캐스팅 기능이 필수적이라고 할 수 있다. 멀티캐스팅은 하나의 개체가 다수의 개체에 정보를 전달하는 기능이다. 현재 인터넷은 계속적으로 규모가 확장되고 있어 확장성을 고려하여야 한다. 효율적이고 높은 질의 멀티캐스트 지원은 미래의 인터넷이 통합 서비스를 지원하는데 있어 필수적이다.

광역 인터넷네트워크를 통한 멀티캐스트에 관한 과거의 2가지 대표적인 연구는 David Wall의 CBF(Center Based Forwarding)[2] 기술과 Steve Deering의 IP 멀티캐스트 모델이다[2]. David Wall은 멀티캐스트 트리를 구축하는 CBF기술을 제안하였다. 한 멀티캐스트 그룹 내의 모든 소스와 수신자는 CBF에 의해 구축되는 트리를 공유한다. 그러나 CBF는 센터(center) 연산의 필요와 이 트리의 지연 및 비용의 제한으로 인해 확장성이 중대한 문제로 대두되고 있는 최근이야 실용화되고 있다. Deering의 IP 멀티캐스트 모델은 그 단순함과 견고성으로 인해 널리 분포되었다. 가장 널리 채택된 Deering의 알고리즘은 거리-벡터 멀티캐스트 알고리즘과 링크상태 라우팅 알고리즘이다. 지금까지 IP 멀티캐스트 트리 구성 방식에 대한 몇 가지 기법들이 제안되어 왔다. 그중 대표적인 방식들에는 DVMPR, MOSPF, CBT 및 PIM 등이 있다. 전통적인 IP 멀티캐스트 스킴의 확장성 문제[3]와 CBT의 지연 및 트래픽 집중 문제[4]를 해결하기 위해 PIM(Protocol Independent Multi

cast)이 제안되었다[3]. PIM은 그룹 멤버쉽 분산 특성에 따라 운용될 수 있도록 PIM-DM(PIM-Dense Mode)와 PIM-SM(PIM-Sparse Mode)로 나누어지고 소스-루트 SPT(Shortest Path Tree)와 center-based ShT(Shared Tree) 모두를 지원한다.

PIM-SM은 PIM-DM과 달리 특정 라우터를 RP(Rendezvous Point)로 설정하여 이 RP를 루트로 하고 한 그룹 내에서 공유하는 RPT(RP-rooted Shared Tree)를 사용한다. PIM-SM에서 데이터 패킷은 브로드캐스트 되지 않고 멀티캐스트 트리상에 있는 라우터들만 그룹에 대한 정보를 유지하면 된다. 멀티캐스트 트리의 상태는 수신자의 DR(Designated Router)이 RP나 소스에게 Join 메시지를 보낼 때 형성된다. 초기에는 RPT를 통해 전송이 이루어지지만 소스의 데이터율이 낮을 때에는 수신자가 소스를 루트로 하는 SPT(Shortest Path Tree)로의 참여를 시도한다. 그러나 RPT에서 SPT로 전환하는 동안 네트워크 내부의 전송상태 결여로 인해 패킷이 손실되어 소스의 데이터 패킷이 수신자에게 전달되지 못할 가능성이 있으며, 이와 같이 패킷 손실이 발생하는 시간을 Blackout Period라 한다[5].

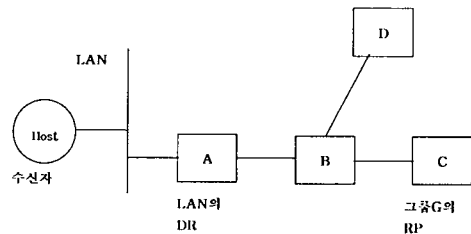
이 Blackout Period에 손실되는 패킷은 RP 라우터와 호스트 마지막 홉 라우터의 임계치의 값이 그 손실율에 미치는 변화를 조사하여 최적의 임계치의 값을 찾아내고 패킷 손실율을 최소화 할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장은 PIM-SM과 Blackout Period를 분석한다. 3장에서는 RP 라우터와 호스트의 마지막 홉 라우터의 최적 임계치를 찾고 마지막으로 결론을 맺는다.

## 2. PIM-SM 분석

PIM-SM은 그룹 당 하나의 RP(Rendezvous Point)를 사용하는데, 이를 통하여 소스는 자신의 존재를 알리고 수신자는 새로운 소스에 대해 인지하게 된다. PIM-SM의 트리 형태에 따라 2가지 멀티캐스트 전송 엔트리를 사용한다. SPT에 대한 엔트리는 (S, G)이며 소스(S), 멀티캐스트 그룹(G), 송신 인터페이스(oif), 수신 인터페이스(iif)의 전송 정보가 포함된다. RPT에 대한 엔트리는 (\*,G)이며 소스의 주소 대신 RP의 주소를 저장하는 것 외에는 (S,G)엔트리

와 같은 정보를 갖는다. 또한 RPT에 대한 엔트리임을 가리키는 RP-flag가 있다. 라우터는 하위 그룹 멤버를 가진 이웃 라우터들로부터 explicit Join/Prune 메시지를 수신한 후, 이 메시지가 도착한 인터페이스 상으로 멀티캐스트 그룹 G에게 데이터 패킷을 송신한다. DR은 활동 중인 멤버를 가진 각 그룹의 RP로 주기적인 Join/Prune 메시지를 보낸다. RP를 향한 경로 상에 있는 각 라우터는 그룹에 대한 (\*, G) 상태를 구성하고 RP로 Join/Prune 메시지를 송신한다. (\*,G) 엔트리의 수신 인터페이스는 RP방향을 가리키며 송신 인터페이스는 RP에게 Join/Prune 메시지를 전송한 이웃 하위 라우터들을 가리킨다. 이러한 상태가 모든 그룹 멤버들에게 도달하는 RPT를 생성하게 된다. [6]



<그림 1>수신자의 그룹참여

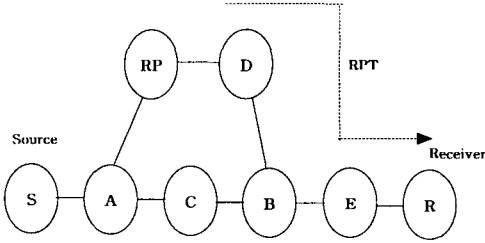
### 2.1. RPT에서 SPT으로 전환

직접 연결된 멤버를 가지고 있는 라우터는 초기에 RPT에 Join한다. 그러나 소스의 데이터율이 어느 정도 높으면 SPT로 전환하게 된다. 간단히 말해서, RPT를 통해 m시간 간격 동안 소스로부터 n개의 데이터 패킷을 받은 후에 트리 전환이 이루어진다는 것이다.

### 2.2. Blackout Period

<그림 2>에서 R의 DR인 E가 송신자 S를 향해 SPT-Join을 보내는데, 이 신호가 송신자 S부터 수신자 R까지의 SPT 상태를 설정하게 된다. B는 상위의 SPT 상태가 완전히 설정되기 전까지는 RPT를 따라 전송되는 패킷을 계속 받아들이고 있다. S의 패킷이 SPT 가지를 따라서 B에 도착했을 때, SPT에 대한 수신 인터페이스가 RPT의 것과 다르기 때문에 B는 상위 SPT 상태가 완전히 설정되었음을 인

지하고 송신자 S에 대한 RPT로부터 자신을 잘라낸다. B의 SPT-bit 플래그는 1이 되어 이러한 전환이 완료됨을 알린다. <그림 2>에서, 전에 구성된 RPT에서 SPT로의 전환이 완료되면 라우터 B는 RP→D→B의 경로를 따라 내려오는 S의 데이터 패킷을 거부하고 그 대신 SPT를 따라 내려오는 데이터 패킷만을 받는다[5]. S에서 출발하는 시간에 따라 S가 송신한 패킷들의 순서 번호가 P1,2,...,n이고 A→RP→D→B의 경로가 A→C→B의 경로보다 길다고 가정하면 라우터 A가 SPT라우팅 상태를 설정한 이후에 SPT 경로를 따라 보낸 첫 번째 데이터 패킷의 순서 번호를 Pi라고 한다. Pi번째 패킷이 B에 도착했을 때, B는 자신의 SPT-bit를 1로 함으로써 RPT에서 SPT로의 전환 완료를 가리킨다. 이때 P(i-1)번째 패킷이 여전히 RP→D→B경로로 전송되고 있는 중이라면, 이 패킷이 B에 도착했을 때에는 B에 의해 거부될 것이다. 이처럼 네트워크 내부에서 전송 상태의 결여로 패킷이 손실되어 수신자가 패킷을 받지 못하는 시간간격을 Blackout Period라고 한다.



<그림 2> RPT 경로에서 SPT 경로의 전환

### 3. Blackout Period 임계값

PIM-SM<sub>v2</sub> 스펙 [6] 은 데이터율을 기반으로, 즉 임계치에 대해서 SPT 전환에 대한 동기를 제안했다. 첫 번째 방법으로는 RP의 임계치를 제안했다. 두 번째 방법으로는 마지막 홉 라우터의 임계치를 제안했다. 첫 번째 방법인 RP의 임계치는 특정 소스-그룹 쌍에 대한 Register 메시지 수신율에 관련된 것이고, 두 번째 방법은 특정 소스-그룹 쌍에 관한 데이터율에 관련된 것이다. 상호운용성 관점에서 견고성을 위해 외부 소스에 대해서 RP의 권고된 임계치는 0

Kbps이고, 내부 소스 임계치는 8Kbps이다. 또 다른 임계치는 마지막 홉 라우터에서 구성되고 권고된 임계치의 값은 16Kbps이다[7][8].

### 4. Blackout Period 패킷 손실을 [5]

만약 sparse 모드에서 멀티캐스트 그룹이 동작하고, 모든 수신자들은 RP트리에 제일 먼저 접속을 한다면, 그리고 소스의 패킷율이 충분히 높아졌을 때, 수신자들은 SPT로 전환을 한다. RPT에서 SPT로 전환하는 동안 존재하는 Blackout Period의 기간은 RPT경로와 SPT경로들에 따른 연관되어진 세션들 사이의 차이에 의존한다. 패킷의 손실 수는 Blackout Period의 길이와 소스율에 비례한다. 우선적으로 관련된 파라메타들과 매트릭들의 연관성을 명백하게 정의하면 다음과 같다. 소스인 S와 수신자 R이라고 할 때  $D_{spt}(s, r)$ 는 최단 경로(SPT)를 따라 소스 S로부터 수신자 R까지 패킷의 지연을 증가시킨다.  $D_{rpt}(s, r)$ 는 소스 S로부터 수신자 R까지의 RP트리를 따른 한 경로의 지연이다.  $R(s)$ 는 소스 S가 초당 보내는 패킷율이다. 정적인 상태에서  $F_{spt}$ 는 최단경로 트리인 SPT를 따라 지나는 패킷들의 수를 말한다.

$$F_{spt}(s, r) = D_{spt}(s, r) * R(s)$$

정적인 상태에서  $F_{rpt}$ 는 소스로부터 수신자까지의 RP트리를 따라 지나는 패킷의 수를 말한다.

$$F_{rpt}(s, r) = D_{rpt}(s, r) * R(s)$$

정적인 상태에서  $L_{rpt \rightarrow spt}$ 는 수신자가 RPT로부터 SPT로 트리가 전환되는 동안 손실되는 패킷들의 대략적인 수를 말한다.

$$L_{rpt \rightarrow spt}(s, r) = F_{rpt}(s, r) - F_{spt}(s, r)$$

RPT에서 SPT로 전환시 가장 좋은 상태는 패킷 손실이 없을 때이다. 1. RP트리를 따르는 소스로부터 수신자까지의 경로가 SPT에 따르는 경로와 똑같을 때 손실이 없다. (RPT에서 SPT로 전환하는 동안 물리적 패킷전송 경로가 변하지 않을 때) 2. RPT 경로와 SPT경로 사이의 지연 차이는 연속적인 패킷들 사이의 간격 시간보다 더욱 작아야한다. 가장 최악의 경우는 패킷들 사이의 간격이 RPT 경로에서

SPT 경로 사이의 전환시 지연보다 작을 때이다. 이러한 가장 좋지 않은 경우의 시나리오는 넓게 확산되어있는 멀티캐스트 그룹에 대한 RP로서 매우 좋지 않은 라우터를 선택함으로써 발생된다. 소스율이 고정되어 있을 때 RPT에서 SPT로 전환할 때 패킷 손실은 데이터 패킷의 크기에 연관이 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 기존에 제안되어진 멀티캐스트의 대표적인 트리 구성방식의 문제점인 확장성과 지연 및 트래픽 집중을 해결하기 위해서 제안된 PIM-SM에서 발생하는 Blackout Period기간에 손실되는 패킷율은 RPT에서 SPT로 전환 때 소요되는 시간과 패킷의 손실율을 보았다. 이러한 패킷 손실율은 안정적인 망에서 발생하는 것으로 [5]에서의 임계치를 기본으로 하고 있다. 하지만 멀티캐스트의 멤버들이 유동적인 망에서는 이러한 임계치가 일반적으로 적용되지 못하며 손실율을 최소화하지 못할 것이다. 따라서 유동망에서의 최적의 임계치를 찾는 것이 패킷의 손실율을 최소화 할 수 있는 하나의 방법이 될 것이다.

## 참고문헌

- [1] 고석주, "인터넷 멀티캐스트 라우팅 기술동향", ETRI 전자통신 동향분석, 제 15권 제 3호, PP. 16 - 33, 2000년 5월
- [2] L. Wei, "Scalable Multicast Routing : Tree Types And Protocol Dynamics", Ph.D thesis, University of Southern California Computer Science, December 1995
- [3] S. Deering, D. Estrin, D. Farinacci, V. Jacobson, C. Liu, L. Wei, "Protocol Independent Multicast (PIM) : Motivation and Architecture", Internet Draft, January 1995
- [4] A. J. Ballardie, "Core Based Tree(CBT) Multicast : Architectural Overview and Specification", Internet Draft, July 1994
- [5] L. Wei, D. Estrin, "Multicast Routing in Dense and Sparse Modes: Simulation Study of Tradeoffs and Dynamics". September 1995

[6] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Deering, M. Handly, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, L. Wei, "Protocol Specification", Internet Draft, September 1996

[7] D. Estrin, D. Farinacci, 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". Proposed Experimental RFC, September 1996.

[8] D. Estrin, A. Helmy, D. Thaler, L. Wei, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode(PIM-SM): Deployment Guidelines". Internet Draft, December 1996.