

PIM-DM 멀티캐스트에서 그룹 가입 지연시간에 대한 성능 모의 실험

김 한 수[†] · 장 주 욱^{††}

요 약

PIM-DM을 이용하여 멀티캐스트를 하였을 때 그룹에 가입하기 위해서 대기하는 시간이 특정한 시간 영역에서 크게 증가하는 문제점이 있음을 확인하였다. 이는 그룹에서 탈퇴하기 위한 리브 프룬 메시지와 플러딩에 대한 응답으로 발생하는 플러딩 프룬 메시지를 라우터가 구분하지 못하는 것에서 기인한다. 본 논문에서는 이러한 문제점의 원인을 분석하고, 이에 대한 해결방법을 제시하였다. 또한, 이를 이용하여 그룹 가입 지연 시간이 평균 37.4% 감소됨을 네트워크 시뮬레이션을 통해서 확인하였다.

A Simulation to Test Join Latency for PIM-DM Multicast

Han-Soo Kim[†] · Ju-Wook Jang^{††}

ABSTRACT

One of the remarkable problems in PIM-DM (Protocol Independent Multicast - Dense Mode) is the join latency time, increasing for specific periods. The reason of this problem is proved to the confusion of flooding prune message and leave prune message. We propose a new solution to this problem, reducing the average join latency by 37.4%, and prove the proposed solution by network simulation.

키워드 : PIM-DM(Protocol Independent Multicast - Dense Mode), 멀티캐스트(Multicast), 가입 지연(Join Latency)

1. 서 론

최근 급격하게 증가하고 있는 인터넷 인구에 발맞추어, 초고속 통신망과 LAN 및 이에 상응하는 인터넷 인프라의 구축이 빠른 속도로 전개되었다. 사람들은 인터넷 방송, VOD, 네트워크 게임 등 실시간 멀티미디어 전송에 대한 수요가 증가함에 따라, 이에 대한 욕구 증대와 함께 그 반응 속도에 대한 요구가 증가하게 되었다[1]. 멀티캐스트(multicast) 알고리즘은 이런 사용자의 요구를 충족시켜, 제한된 대역폭을 효율적으로 사용하며 멀티캐스트 그룹에 가입한 사용자들에게 만족스러운 실시간 데이터 서비스를 제공하게 된다[2].

네트워크 자원이 풍부하고, 구성원들이 특정 장소에 밀집된 LAN 환경에서 주로 이루어지는 PIM-DM(Protocol Independent Multicast-Dense Mode)[3]은, 수신자가 그룹에 가

입하여 멀티캐스트 서비스를 받고자 할 때 일정시간 간격으로 그 가입이 지연되는 문제가 있었다. 이는 멀티캐스트 그룹의 트리 구성을 위해 근원지 쪽에서 일정시간마다 실시하는 플러딩(flooding)에 대한 응답으로, 가입자 및 하위 라우터가 플러딩 프룬(prune)을 송신하는데, 이 플러딩 프룬과 가입자가 그룹 탈퇴를 위해 송신하는 리브 프룬(leave prune)을 상위 라우터가 구분하지 못하여 생기는 것이다.

이를 해결하기 위한 기존의 연구는[6], 플러딩이 실시되는 시간을 측정하여 이를 이용하여 하위 라우터에서 플러딩 프룬과 리브 프룬을 구분하는 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘은 실제적으로 플러딩 프룬을 무시하여 모든 프룬을 리브 프룬으로 간주하게 되어, 멀티캐스트 트리의 구성에 문제점이 있었다.

본 논문에서는, 근원지로부터의 플러딩이 주기적으로 이루어지므로 이에 응답하는 플러딩 프룬도 주기적이지만, 리브 프룬은 주기적이지 않다는 점에 착안하여 두 프룬 메시

[†] 준 회원 : 서강대학교 대학원 전자공학과

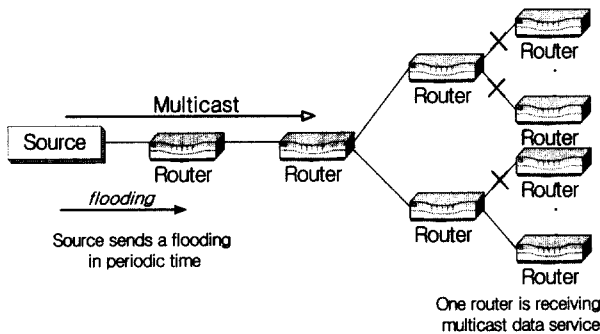
^{††} 정 회원 : 서강대학교 전자공학과 교수

논문접수 : 2002년 12월 18일, 심사완료 : 2003년 2월 17일

지를 구분하는 알고리즘을 제시하였다. 이로 인해 가입자의 주기적인 가입 지연시간을 없앨 수 있었고, 이를 네트워크 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

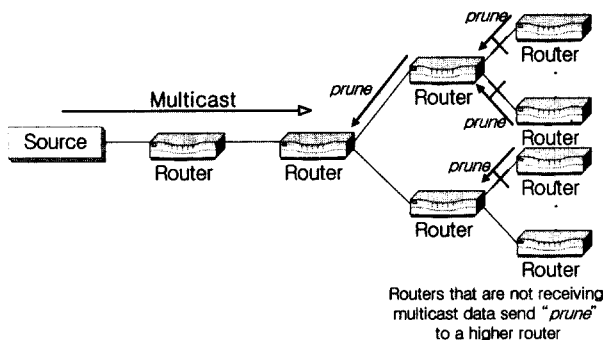
2. 문제점 및 원인분석

PIM-DM으로 라우터가 동작할 때, 근원지는 멀티캐스트 트리를 생성, 재구성 또는 삭제하는 데에 IGMP를 응용한 프룬 메시지를 이용한다. 이는 가입자까지의 중간 라우터들이 이를 해석하고 이에 맞춰 동작하는 알고리즘을 갖고 있거나 그에 맞는 기능을 수행할 수 있어야 한다.



(그림 2-1) PIM-DM 플러딩과 트리 구성

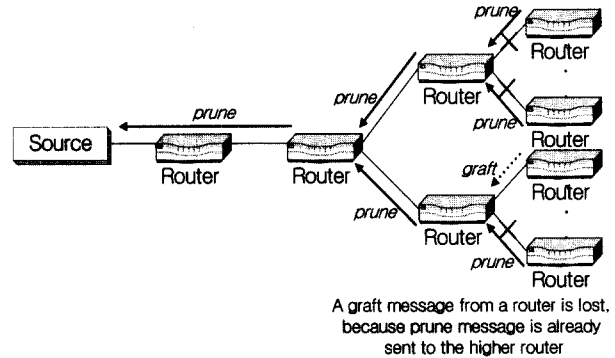
(그림 2-1)에서, 근원지는 멀티캐스트를 시작할 때, 또는 정해져 있는 프룬 시간(프룬 주기)이 되면 네트워크에 있는 모든 라우터들에게 플러딩(flooding)을 실시해서 멀티캐스트 트리를 유지하거나 재구성하게 된다[4]. (그림 2-2)와 같이, 만약 모든 인터페이스가 프룬 메시지를 받았을 때는 자신도 근원지 방향 인터페이스로 프룬을 돌려보낸다. 또, 자신이 서비스를 받지 않고 있을 경우에 멀티캐스트 그룹에 가입하고 싶을 경우에는 그래프트(graft) 메시지를 근원지까지의 최적경로 인터페이스로 보내서 멀티캐스트 데이터를 수신한다. 그리고 서비스를 받다가 중지하고 싶을 경우에도 프룬 메시지를 돌려보낸다[5].



(그림 2-2) 하위 라우터들의 플러딩에 대한 프룬 메시지 전송

이 과정에서, 그래프트 메시지를 보냈을 때 그룹에 가입하여 서비스를 받기 위해 대기하는 시간이 일정 간격으로 길어지는 문제가 발견되었다[6]. 이는 멀티캐스트 정보를 보존하기 위해서, 즉 트리 구성을 위해서 일정시간마다 실시하는 플러딩에 대한 프룬 메시지와 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하기 위한 프룬 메시지가 구별되지 않고 같은 메시지로 간주되기 때문이라고 볼 수 있다.

즉, 프룬 메시지를 받게 되면 각 라우터들은 그 프룬 메시지를 받은 인터페이스 이하로 해당 멀티캐스트 서비스를 중단한다. 따라서 트리는 그 라우터 이하로는 생성되지 않고, (그림 2-3)과 같이 그 라우터 이하에 있는 사용자들의 가입 메시지를 다음 플러딩이 있을 때까지 전달하지 못하게 되는 것이다.



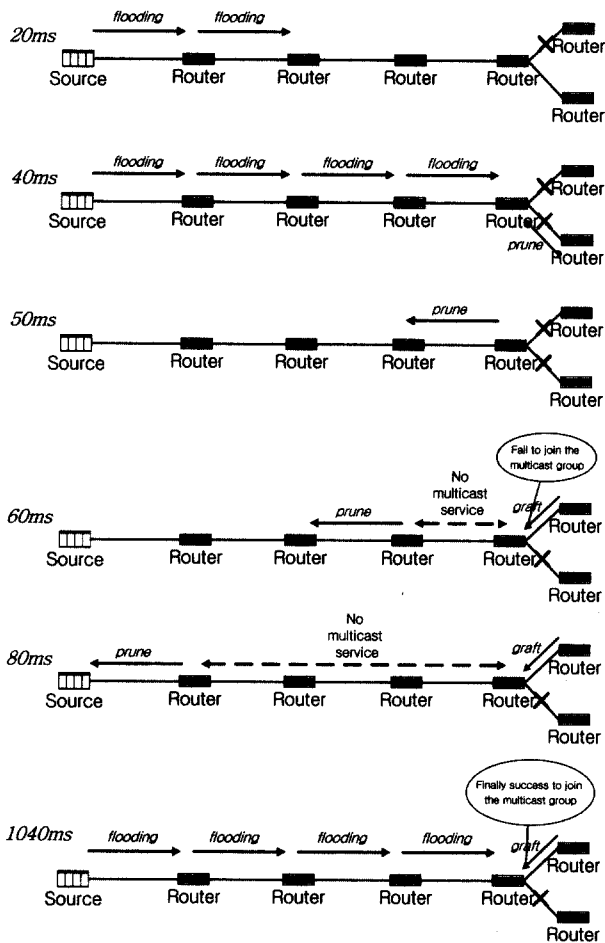
(그림 2-3) 프룬이 상위로 전송된 후의 그래프트 메시지의 손실

각 라우터의 전달 지연 시간을 10ms로 동일하게 놓고, 플러딩의 주기를 1초(1000ms)로 설정하여 시간에 따른 변화를 살펴보면 (그림 2-4)와 같다. 최초 0ms에서 근원지에서 플러딩을 실시하여, 40ms가 될 때 최하위 라우터에 도달하게 된다. 이 때 최하위 라우터에서 멀티캐스트 서비스를 받고 있던 수신자가 그룹에서 탈퇴하여, 상위 라우터로 프룬 메시지를 송신하게 된다. 이 프룬 메시지는 계속 상위 라우터로 올라가며, 이후의 하위 라우터들의 가입 및 탈퇴에 관한 메시지는 상위 라우터로 전달되지 않는다.

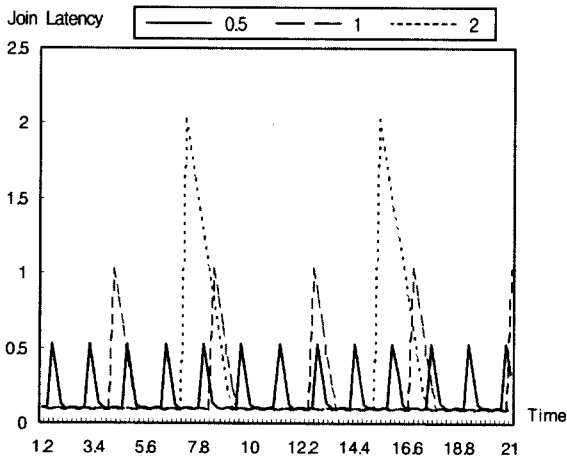
따라서, 이 직후에 그림과 같이 그룹에 가입하고자 하는 수신자는 60ms 이후와 같이 가입이 이루어지지 못하고, 플러딩 주기인 1000ms를 포함한 1040ms가 지난 후, 즉 다음 플러딩 때 비로소 그래프트 메시지가 상위 라우터로 전달되어 가입하게 되는 것이다.

(그림 2-5)는 이 문제점을, 버클리 대학의 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 나타낸 것이다[7]. 플러딩 주기를 각각 0.5초, 1초, 2초로 설정하여 실험한 결과, 그림과 같이 가입자가 그래프트 메시지를 송신한 후 그 대기시간이 플러딩 주

기만큼 지연되고 있음을 볼 수 있다.



(그림 2-4) 시간에 따른 그룹 가입 지연의 발생모습



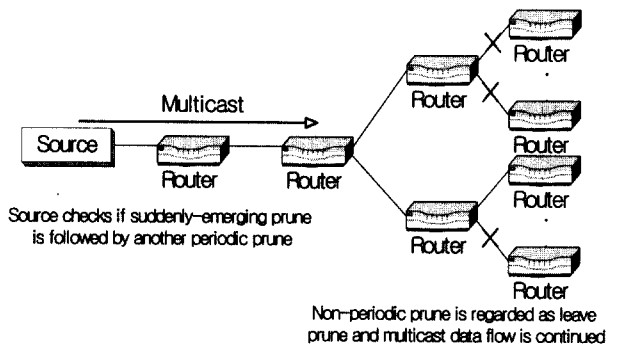
(그림 2-5) 그룹 가입 지연시간의 증가

3. 제안된 방법

이 문제를 해결하기 위한 방법으로, 우선 플러딩 프론과

리브 프론이 수신되는 특성에 대하여 살펴보았다. 그 특징은, 플러딩이 일정시간의 주기성을 가지고 실시되므로, 이에 대한 응답인 플러딩 프론도 주기성을 가지고 수신된다는 것이다. 이에 비해 리브 프론은 주기성을 갖고 있지 않다. 즉, 일정치 않은 순간에 리브 프론을 발생시키고자 하는 가입자의 의도대로 이루어진다는 것이다. 따라서 주기적이지 않은, 즉 플러딩 프론이 오지 않던 인터페이스에서 최초로 발생하는 프론 메시지는 리브 프론으로 생각할 수 있다.

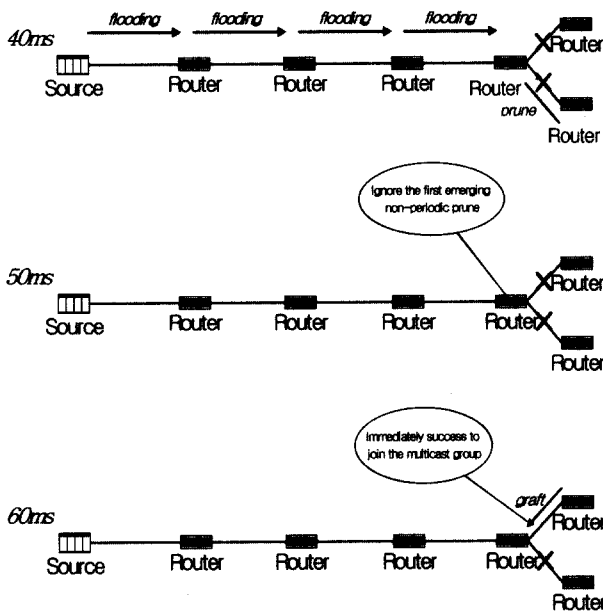
이에 기초하여, 라우터는 주기적으로 수신되는 프론 메시지는 플러딩 프론으로, 그렇지 않은 메시지는 리브 프론으로 간주하여 데이터를 처리하면 될 것이다. 만약 그 이후에 같은 인터페이스에서 플러딩의 주기와 같은 시간경과 후에 프론이 수신된다면, 그때부터는 플러딩 프론으로 인지하여 멀티캐스트 데이터의 송신을 멈춘다.



(그림 3-1) 최초의 프론 메시지를 리브 프론으로 간주, 트리를 재구성하지 않아 가입자의 대기 시간 없이 멀티캐스트 데이터 전송

(그림 3-1)은 이와 같은 알고리즘으로 동작하는 네트워크이다. 프론 메시지가 상위 라우터로 전송된 후에 그래프트 메시지가 수신되었을 때, 그 상위 라우터는 이 프론 메시지를 리브 프론으로 간주하고 멀티캐스트 데이터를 계속 송신한다. 따라서 뒤늦게 가입한 수신자는 대기시간 없이 데이터를 수신할 수 있는 것이다.

(그림 2-4)에서, 이와 같은 알고리즘을 도입하였을 때 얻을 수 있는 변화는 (그림 3-2)와 같다. 40ms가 되었을 때 최하위 수신자가 프론 메시지를 라우터로 보내도, 그 라우터는 주기적이지 않고 갑자기 수신되는 프론을 리브 프론으로 간주하여 상위 라우터로 프론 메시지를 보내지 않는다. 따라서, 그림의 50ms에서 이 라우터는 계속 멀티캐스트 서비스를 받고 있는 것이다. 따라서 60ms에 다른 수신자가 그룹에 가입하고자 하는 메시지를 보냈을 때, 가입 지연 없이 바로 서비스를 받을 수 있게 되는 것이다.



(그림 3-2) 지연시간 없이 그룹에 가입하는 수신자의 시간에 따른 모습

```

if (G == EMPTY)
    SendGraft (S)
    
```

(그림 3-3) 제안된 알고리즘의 pseudo code

4. 실험 및 결과

기존에 구현되어 있는 PIM-DM 프로토콜을 분석하여, 프론이 수신되었을 때 동작하게 되는 클래스의 부분에 위에 제안된 방법을 삽입하여 개선된 프로토콜을 적용하게 되면 제시된 문제점이 개선되고 수신자가 그룹에 가입하는 대기 시간이 현저하게 줄어들게 된다.

제안한 개선 방법의 성능을 확인하기 위해서 버클리 대학의 ns-2 시뮬레이터를 사용하였다[5]. 이 시뮬레이터에 구현되어 있는 PIM-DM 프로토콜을 사용하여 실험하였고, 실험에 사용한 토폴로지는 (그림 4-1)과 같다. 라우터는 N0부터 N10, 각 링크는 모두 1.5Mb, 10ms, drop-tail로, 근원지는 N5, 수신단은 N10으로 설정하였다.

```

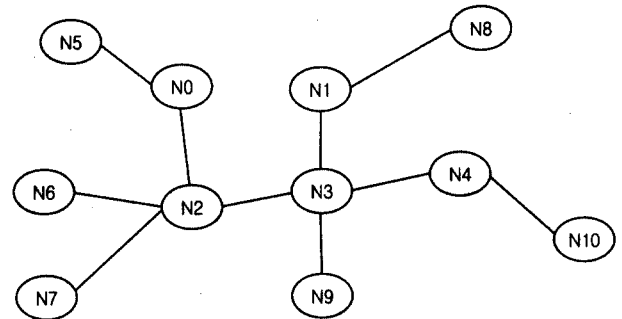
InitFlooding()
S = 0 // interface to the multicast source
I = 0 // interface of received multicast packet
G = 0 // interface of joined multicast group
A = 0 // all interfaces

F = FloodingFreq // flooding period of the source
p = 0 // index of whether first prune is received
    
```

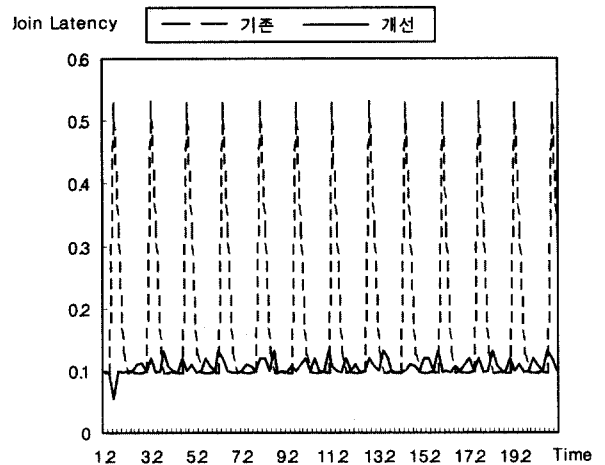
```

MakeTree(I)
// function of handling tree messages

if (I == prune) and (G != 1)
    RemoveGroup (I from G)
if (I == prune) and (G == 1)
    if (p == 1) and (ReceiveTimeGap (I) == F)
        p = 0
        RemoveGroup (I from G)
        SendPrune (S)
    if (p == 0)
        p = 1
if (I == flooding)
    if (G == EMPTY)
        SendPrune (S)
    if (G != EMPTY)
        SendFlooding (G)
if (I == graft)
    AddGroup (I to G)
    
```



(그림 4-1) 실험에 쓰인 네트워크의 구성



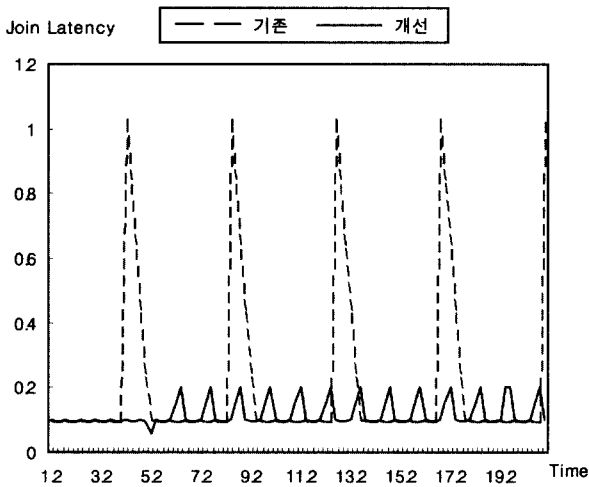
(그림 4-2) Prune time이 0.5초일 때의 비교 그래프

실험은 N10에서 각각 평균 0.05초와 0.1초 간격으로 2개의 가입자가 가입과 탈퇴를 반복하는 것으로 설정하였다.

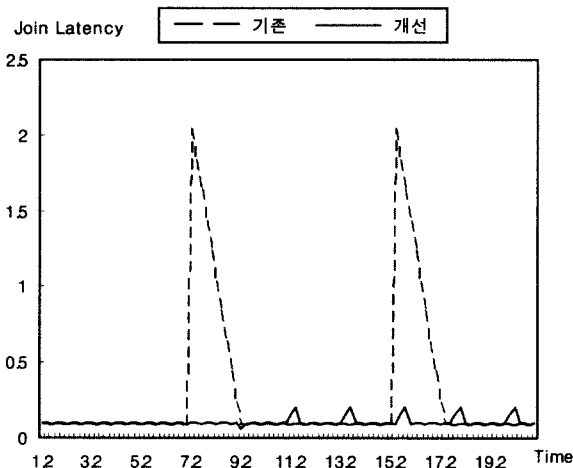
(그림 4-2), (그림 4-3), (그림 4-4)는 위와 같은 설정에 따른 실험 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

실험은 prune time이 0.5초, 1.0초, 2.0초일 때로 실행하였다. (그림 4-2)에서 x축은 시뮬레이션이 진행된 시간이고 y축은 N10에서 그룹에 가입하겠다는 메시지를 전송한 후에 처음으로 멀티캐스트 데이터를 받을 때까지의 시간을 측정 한 join delay를 나타낸 것이다. 굵은 점선은 현재 시행되고 있는 멀티캐스트 PIM-DM 방식을 그대로 적용한 것이고, 실선은 본 논문에서 제안된 개선 방식을 적용했을 때의 실험 결과이다.

(그림 4-3), (그림 4-4)에서 아래로 내려간 부분의 경우에는 그룹에 가입하기 위해서 그래프트 메시지를 전송하는 순간에 플러딩이 발생해서 빠른 시간에 가입된 경우이다.



(그림 4-3) Prune time이 1.0초일 때의 비교 그래프



(그림 4-4) Prune time이 2.0초일 때의 비교 그래프

그림들을 보면 일정주기마다 시간이 늘어가는 것은 완전하게 개선하지 못하였다. 하지만 기존의 방법은 평균 0.16

초의 시간 지연을 갖는 반면에 개선실험은 평균 0.11초로 약 37.4%의 개선 효과를 얻었다. 또한, 플러딩 시에 그래프트 메시지에 대한 대기 시간은 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 현저하게 감소되었음을 알 수 있다.

5. 결론 및 추후과제

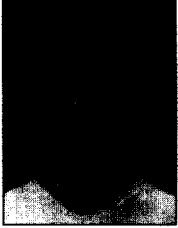
본 논문에서는 PIM-DM 프로토콜에서 수신자가 그룹에 가입할 때 지연되는 시간에 대한 문제점과 원인을 살펴보고, 그것을 보완하기 위한 방법을 제안하였다. 제안된 방법으로 시뮬레이션 한 결과, 이 방법은 기존의 방법보다 약 37.44%의 개선효과를 보였다.

차후, 실험 데이터에 기초한 그래프에서 볼 수 있는 소량의 대기시간의 증가에 대한 연구가 있어야 하겠다. 또, 프론 메시지가 주기적으로 수신된다고 가정하였는데, 이는 PIM-DM 프로토콜의 특성상 자원이 풍부한 근거리 네트워크를 기반으로 동작한다고 가정하여 이론 수립 및 실험을 통한 결과 측정이 가능했지만, 네트워크의 급작스런 변화 등에 대한 고려가 없어 WAN 환경에서의 적용에는 어려울 것이라 생각된다. WAN 환경에서의 실험 및 이에 대한 고찰이 추후 연구과제가 될 수 있겠다.

또한, 플러딩에 대한 프론과 그룹 탈퇴를 위한 리브 프론을 헤더에 각각 다르게 표시해 줌으로써 플러딩 프론과 충돌되는 것을 막는 방법이 가장 정확하고 확실한 해결 방법이라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] Chwan-Hwa Wu, J. David Irwin, "Emerging Multimedia Computer Communication Technologies," Prentice Hall, 1998.
- [2] S. Deering and D. R. Cheriton, "Multicast routing in datagram internetworks and extended LANs," ACM Transactions on Computer Systems, May, 1990.
- [3] Williamson, Beau, "Developing IP Multicast Networks," Vol.1, Cisco Press, 2000.
- [4] S. Deering, "Protocol Independent Multicast Version 2 Dense Mode Specification," IETF, June, 1999.
- [5] A. Adams, J. Nicholas and W. Siadak, "Protocol Independent Multicast - Dense Mode (PIM-DM) : Protocol Specification (Revised)," IETF, February, 2002.
- [6] J. Kim and J. Jang, "Analysis and Improvement for latency time of PIM-DM," KISS, 2001.
- [7] Network Simulator Document by U.C Berkely, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.



김 한 수

email : kutestar@eecl.sogang.ac.kr
2002년 서강대학교 전자공학과 학사
2002년~현재 서강대학교 전자공학과 석사
과정 재학 중
관심분야 : 인터넷 프로토콜, 멀티미디어
스트리밍, 홈 네트워크



장 주 욱

email : jjang@mail.sogang.ac.kr
1983년 서울대학교 전자공학과 학사
1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과
석사
1993년 University of Southern California
박사
1995년~현재 서강대학교 전자공학과 부교수
관심분야 : 인터넷 프로토콜