

모바일 환경에서 효율적인 멀티캐스트 그룹핑을 위한 노드 조인

최성욱*

요약

IP 멀티캐스트 서비스를 위해 PIM, CBT, DVMRP 등 다양한 라우팅 프로토콜이 연구되고 있다. PIM-SM은 RPT를 이용한 공유트리 방식으로 확장성이 우수한 RP(Randevous Pointer)를 선정하는데, 서비스 시간이 경과함에 따라 네트워크 운영 및 멀티캐스트의 확장으로 인하여 메시지 교환이 증가하여, 네트워크의 가용대역폭을 만족시키지 못한 경우가 발생하게 된다. 본 논문에서는 네트워크의 자원을 절약하고 멀티캐스트 그룹을 효율적으로 관리하기 위한 AMGM(Adaptative-Multicast-Grouping- Management) 방식을 제안한다. AMGM은 인접 멀티캐스트 그룹을 병합하는 방식으로 단계적으로 멀티캐스트 그룹의 수를 줄여서 네트워크의 대역폭을 개선시킨다. 기존에 제안된 방식(PIM-SM/PMIPv6)과의 비교를 통해 이 방식의 유효성을 확인하였다.

Node Join Management of Efficient Multicast Grouping in Mobile Environment

Sung-Uk Choi*

ABSTRACT

For the IP multicast service, there are some methods researched. The PIM-SM(Protocol Independence Multicast-Sparse Mode), which has a good extensibility and is based on a shared tree scheme using RPT(Randevous Pointer-Tree), When the specified Available Bandwidth is not satisfied by increase the message throughput as Multicast groups and network operations with time. This paper presents a new method called AMGM(Adaptative-Multicast-Grouping-Management) to support multicast grouping for reduce network resources. By merging neighboring multicast groups to reduce the number of multicast group. Through performance analysis and comparison with standard method(PIM-SM/PMIPv6), we certify that this method is pertinent.

Key Words : PMIPv6, PIM-SM, LMA, Multicast, Grouping

* 인천대학교 컴퓨터공학과(✉swchoi@incheon.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 최성욱 · 교신저자(Correspondent Author) : 최성욱

· 접수일(2012년 2월 13일), 수정일(1차 : 2012년 3월 9일), 게재 확정일(2012년 3월 13일)

1. 서론

Mobile IPv6(MIPv6)의 핸드오버의 지연과 자원의 낭비 및 표준 구현의 까다로움, 제조비용의 상승의 문제를 극복하기 위해서 제안된 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)는 네트워크 기반 이동성 프로토콜로써 단말에는 IP 이동성을 위하여 어떠한 수정도 가하지 않고 네트워크에 위치한 라우터들이 대신하여 IP 이동성 관리를 해주는 네트워크 기반 이동성 제공 프로토콜이다[1, 2]. 그러나 PMIPv6는 유니캐스트 통신을 고려해서 제안된 것이기 때문에, Mobil IP TV 서비스 등에서 이동 무선 단말들이 멀티캐스트 그룹에 가입(join)과 탈퇴(leave)하는 문제와 서비스의 이동성 지원을 위한 정책이 필요하다[3]. 따라서 MLD(Multicast Listener Discovery Protocol)와 IGMP(Internet Group Management Protocol)등 그룹 관리 프로토콜들을 사용하여 PMIPv6에서 멀티캐스팅을 지원하거나 무선 이동 환경에 적합하도록 기능을 확장한 방안[4]이 최근에 IETF MULTIMOB(Multicast Mobility)워킹그룹에 의해서 소개되었다.

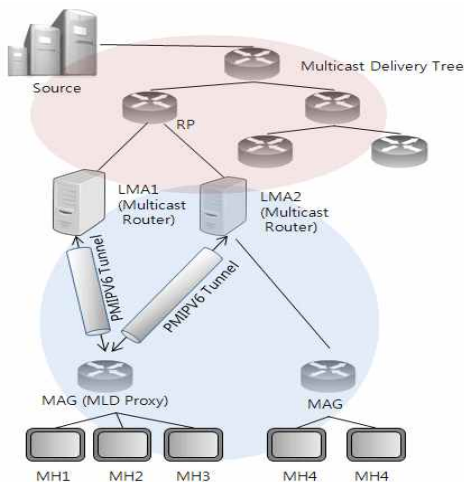


그림 1. 모바일 멀티캐스트 개념
Fig 1. Mobile Multicast Overview

<그림 1>은 PMIPv6 네트워크를 기초로 한 멀티캐스팅을 위한 개념도이다. IP 멀티캐스트 기반의 PMIPv6 구성요소로는 MH(Mobile Host), MAG(Mobile Access Gateway)와 LMA(Local Mobility Anchor)가 있다.

우선 LMA에는 멀티캐스트 라우팅 기능을 두고 MAG에는 IGMP/MLD 처리를 위한 플록시 기능을 두게 된다. MH는 멀티캐스트 및 유니캐스트 서비스를 요구하는 이동 호스트이다. LMA는 홈 에이전트로 동작하며, MAG을 통하여 MH의 상태와 접근성을 관리한다. MAG은 MLD(Multicast Listener Discovery) 질의를 이동호스트에 주기적으로 전달하고, 이동호스트로부터 MLD채널 등록 메시지를 수신하여 멀티캐스트 채널을 관리한다. Multicast Delivery Tree의 RP(Rendezvous Point)로부터 전달되는 멀티캐스트 패킷은 LMA를 거쳐 PMIPv6 터널을 통해 MAG까지 전달되고, MAG에 의해서 무선으로 이동호스트까지 전달된다. 한편 PMIPv6에서 멀티캐스팅에 관한 연구는 MH의 신속한 핸드오버[5], LMA와 MAG간의 PMIPv6 터널 혼잡 제어[6, 7]에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 이러한 연구들은 대부분 라이브 스트림을 기본으로 하고 있으며, 이동호스트가 멀티캐스트그룹에 참여할 경우에 한하여 그룹화 방안을 제안하고 있기 때문에, 망내의 다양한 조건에 따라 적응적으로 자원을 조절하기에는 미흡하였다. 본 논문에서는 PIM-SM 멀티캐스트 환경에서 IPTV의 차별화된 서비스분야인 저장(Stored) 스트림의 멀티캐스팅 서비스 동작에 대한 망의 대역폭을 효율적으로 활용하기위한 멀티캐스트 그룹화 관리 방안을 제안한다.

2장에서는 이와 관련된 연구를 살펴보고, 3장에는 개선된 멀티캐스트 그룹의 관리 정책을 제안한다. 4장에서는 본 연구에 대한 성능평가를 위해서 실험을 행하고 그 결과를 분석한다. 끝으로 5장에서는 결론을 간략히 기술한다.

II. 관련연구

2.1 IP 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 라우터와 라우터간의 멀티캐스트 데이터 전송경로인 멀티캐스트 트리를 구성하기 위하여 사용된다. <표 1>과 같이 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 트리 구성방식 및 세부 알고리즘에 따라 송신자-기반(source-based) 트리와 그룹 공유(Group Shared)트리 방식으로 나눌 수가 있다. 먼저 송신자-기반(source-based) 트리 접근법의 대표적인 프로토콜로는 DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)[8], MOSPF (Multicast Open Shortest Path First), PIM-DM(Protocol Independent Multicast-Dense Mode)[9] 등이 있다. 두 번째로 그룹 공유(Group Shared)트리는 멀티캐스트 그룹의 멤버들이 희소하게 분포되어 있고, 대역폭이 충분하지 않은 경우에 적절한 접근법이다. 각 그룹들이 오직 하나의 공유 트리를 가지고, 그 그룹의 멤버들이 공유 트리에 Join하는 방법으로 트리를 설정한다. 이 방법의 대표적인 프로토콜로는 CBT(Core-Based Tree)[10], PIM-SM(Protocol Independent Protocol-Sparse Mode)[11] 등이 있다. 두 가지 방식 중에서 송신자-기반(source-based) 트리는 각 송신자마다 개별적인 트리가 존재하여 라우터들이 가져야 할 정보가 많고 트리를 구성하기 위한 라우터들 간의 메시지 교환절차도 복잡해지기 때문에, 그룹의 구성원이 많아지고, 망이 커질수록 비효율적이다.

표 1. IP 멀티캐스트 라우팅 프로토콜
Table 1. IP Multicast Routing Protocol

트리 형식	프로토콜
Source Based Tree	DVMRP
	MOSPF
	PIM-DM
Group Shared Tree	PIM-SM
	CBT

2.2 PIM-SM

PIM-SM은 랑데부 포인트(RP)를 트리의 송신자로 하는 그룹공유 라우팅 프로토콜이다. PIM-SM은 최단 경로트리(SPT)와 공유트리(RPT)라는 두 개의 트리를 갖는다. 최단경로트리(SPT)는 멀티캐스트 소스를 모든 호스트에 직접 연결해 주는 트리로서 멀티캐스트 데이터 전송량이 커지게 될 경우, SPT(Shortest Path Tree)로 변환하여 트리를 재구축하게 된다. 그러므로 SPT의 인터페이스는 (S, G)로 표시된다. 여기서 S는 소스 주소이고, G는 멀티캐스트 그룹이다. RPT(Randevous Pointer-Tree)는 소스와 호스트 사이에서 트래픽을 포워딩하는 RP라는 중앙의 라우터에 의존한다. 소스의 수에 관계없이 각각의 멀티캐스트 그룹 당 하나의 트리가 만들어지므로, 라우터들은 오직 관심 있는 호스트에게 정확하게 패킷을 전달할 수가 있다. RPT에는 와일드카드 엔트리라고도 하는 (*, G) 인터페이스를 가진다. PIM-SM에서 멀티캐스팅 서비스를 위하여 다음의 5단계의 특성을 갖는다. <그림 2>에 PIM-SM을 이용한 IP 멀티캐스트 시퀀스 다이어그램을 나타내었다.

■ PIM-SM 멤버 조인

1) MH가 IGMP(Internet Group Membership Protocol)를 이용하여 DR(Designated Router)에게 멤버십 정보를 전달.

2) IF (PIM 라우터가 하나 이상 존재) 가장 높은 IP 주소를 가지는 라우터가 해당 LAN에 대한 DR(Designated Router)로 사용.

3) DR은 관련된 RP를 검색한다.

4) DR은 (*, G) 엔트리를 생성하고 RP의 주소를 특별 필드에 포함한다.

■ 공유트리 생성

1) MH 측 DR 은 (*, G) 엔트리를 가진 Join 메시지를 자신의 그룹의 RP를 향하여 전송.

2) 상위 라우터들은 Join 메시지를 전송 받고, 자신의 (*, G) 엔트리를 생성하거나 갱신하여 공유트리가 생성.

2) 소스의 DR은 Register 메시지 안에 각 데이터 패킷을 캡슐화하여 해당 그룹의 RP로 유니캐스트 한다.

3) RP는 각 레지스터 메시지를 비캡슐화하여 데이터 패킷을 공유트리에 속한 하위 멤버들에게 전달.

4) RP가 소스의 주소를 인지하면 다시 소스에게 조인 메시지를 전달한다.

5) 소스는 (S, G) 멀티캐스트 패킷을 RP로 전송한다.

6) (S, G) 멀티캐스트 패킷을 받은 RP는 이를 DR을 경유하여 MH에게 전송한다.

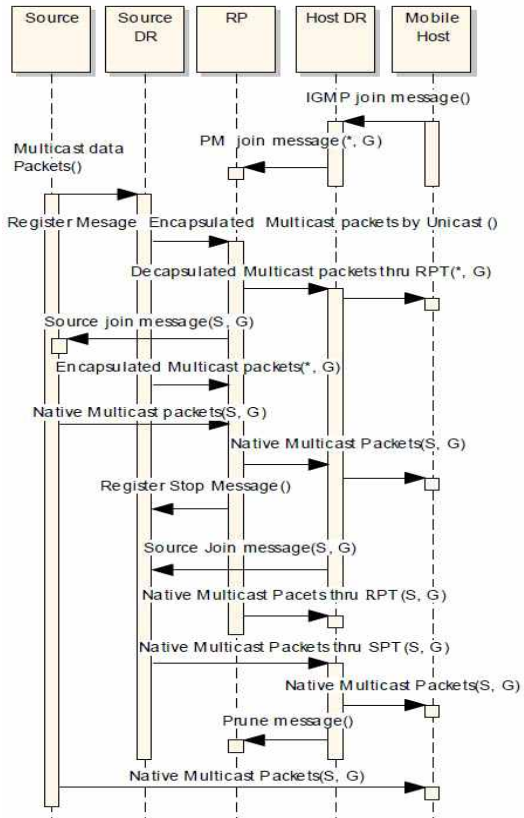


그림 2. PIM-SM 순서 다이어그램
Fig 2. PIM-SM Sequence Diagram

■ PIM-SM 멤버 등록

1) 소스가 자신의 DR(Designed Router)에게 (*, G) 멀티캐스트 데이터 패킷의 전송을 시작.

■ PIM-SM 등록 정지

IF (RP에 하위 연결된 그룹이나 특정소스에 대한 수신자를 가지고 있지 않음) OR (소스로 부터 캡슐화 되지 않은 멀티캐스트 패킷을 받고 있음) THEN RP는 Register Stop 메시지를 소스측의 DR에게 보냄.

■ PIM-SM RPT에서 SPT로 전환

RP에서 멀리 떨어진 위치에 멀티캐스팅 영역이 존재할 때는 그룹 공유 RPT를 활용하는 것보다 소스기반인 SPT를 사용하는 것이 유리하다.

1) MH 측의 DR은 소스 측 DR에게 (S, G) 조인 메시지를 전송.

2) MH 측 DR에게 SPT(소스 측 DR), RPT(RP)로부터 각각 멀티캐스트 패킷 도착.

3) SPT를 이용한 데이터 수신을 위하여 MH측 DR은 RP에게 (S, G) Prune 메시지를 전송.

4) RP를 경유하는 패킷은 전송이 중단되고, 소스에서 MH 측 DR로 직접 전송된다.

2.3 멀티캐스트 그룹관리

멀티캐스트가 유니캐스트 방식보다 대역폭의 손실을 방지하는데 유리한 방식이지만, 네트워크의 서비스가 경과될수록, 서비스를 위한 멀티캐스트 그룹 및 네트워크 운영을 위한 메시지 전송량이 증가되어 네트워크의 성능이 점차 저하된다[3,6]. 이를 위하여 현재 멀티캐스트 그룹에 새로운 RP를 선정하여 트리를 재구성 한다. PIM-SM 프로토콜의 경우 RP의 위치에 따라 소스-MH 사이에 거리, 홉(Hop)수, 대역폭, 링크가중치 등의 비용이 달라지므로 RP 지정을 위한 여러 가지 알고리즘이 제안되었다. 서비스 중에 있는 멀티캐스트 그룹의 상태는 네트워크 스케줄링에 따라 실시간 라이브 스트림과 저장 라이브 스트림에 따라 차이가 남으로 그에 따라 그룹화의 방식도 달라져야 한다. 만일 현재 하나의 실시간 라이브 스트림 서비스를 진행하고 있을 경우, 동일 스트림을 요구하는 MH가 도착하면 신속하게 기존 멀티캐스트 그룹에 참여하거나 새로운 그룹을 만들 수가 있다. 그러나 저장 스트림과 같이 시간에 제약이 없는 VOD서비스는 망의 상태와 현재 서비스 중인 그룹 및 동일 스트림을 요구하는 MH의 여부에 따라 그룹화 방식이 달라진다. 저장 스트림의 그룹화 방식은 큐를 기준으로 하거나 시간을 기준으로 할 수가 있다.

■ Queue-Base

MAG가 IGMP/MLD Proxy로 동작할 경우 MH의 요청 정보는 일단 MLD Report를 위한 큐에 저장될 수 있다. 큐의 크기를 기준으로 한 그룹화는 서비스 요청 큐에 도착된 MH의 수(큐의 크기)를 기준으로 그룹화 시기를 결정한다. 각 그룹 내의 사용자의 수 즉 그룹의 크기는 큐의 크기로 고정되고, 서비스 요구 도착 시간은 차이가 남으로 그룹간의 시간 거리 $d1, d2$ 는 서로 다르다. B_j 를 미리 기준으로 정의된 j 번째 스트림의 요청 큐의 크기, 스트림 j 의 평균 서비스 도착률을 λ_j 라 하면, 한번의 그룹화에 의해서 절약될 수 있는 I/O 량

인 $E[N_j]$ 은 (1)의 식으로 표현 될 수 있다.

$$E[N_j] = B_j - 1 \tag{1}$$

■ Time-Base

일정한 시간 간격을 기준으로 그룹화를 실행하는 방식이다. 그룹간의 시간 거리 $d1, d2$ 는 같다. 그러나 시간별 스트림 서비스 요구에 차이가 남으로 각 그룹의 큐의 크기는 서로 다르다. $wait_i$ 는 i 번째 비디오의 서비스 간격의 크기, 스트림 i 의 평균 서비스 도착률을 λ_i 라 하고, 한번의 그룹화에 의해서 절약될 수 있는 I/O 량을 $E[N_j]$ 라 하면 (2)의 식으로 표현 될 수 있다.

$$E[N_j] = \lambda_j T_j \tag{2}$$

III. 적응적 멀티캐스트 그룹관리

3.1 네트워크 토폴로지

제안한 방식에 사용된 네트워크 토폴로지를 <그림3>에 나타내었다.

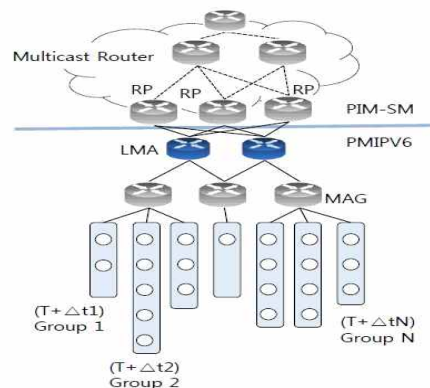


그림 3. 네트워크 토폴로지
Fig 3. Network Topology

우선 멀티미디어 네트워크는 SIM-PM과 PMIPv6의 연동된 형태이다. 서비스 스트림은 저장 스트림을 중심으로 하였는데, 저장스트림의 서비스 요구형태가 다양하여 라이브 스트림서비스를 포함하기 때문이다.

한 개의 스트림을 서비스한다고 가정할 때 저장 스트림 멀티캐스트 그룹은 시간을 중심으로 분할되어 있다. 예를 들어 기준 시간을 T 라 하면 $T + \Delta t_1$, $T + \Delta t_2$, $T + \Delta t_3$, $T + \Delta t_N$ 지점을 각각 서비스 받고 있는 MH 그룹이 $G_1, G_2, G_3 \dots G_N$ 이 존재하게 된다. Time-Base 그룹화를 시도한 경우에는 서비스 그룹별 시간 간격이 일정하지만, 그룹 내 MH의 수가 차이가 나며, 큐를 중심으로 그룹화를 시도한 경우는 그룹 내 MH의 수는 큐의 크기로 고정되지만, 그룹 간 시간차가 일정하지 않다.

3.2 모바일 호스트(MH)의 그룹 관리

MAG에 멀티캐스트 그룹 관리 프록시 기능을 두어 모든 무선 MH의 멀티캐스트 그룹 관리를 하게 된다.

1) 새로운 MH가 MAG 영역에 이동하면서 PMIPv6 바인딩 절차가 수행된다.

- Router Solicitation
- Router Advertisement

2) MH와 MAG 간의 MLD 질의 및 리포트 메시지의 교환.

3) MAG은 MH가 요구하는 스트림 서비스를 위한 멀티캐스트 그룹이 있는지를 확인하고, 있으면 그룹에 MH를 현재 서비스 그룹에 등록시킨다.

4) 새로운 멀티캐스트 그룹이 필요한 경우는 MAG이 시간이나 큐의 상태를 고려하여 그룹화 시점을 조절하는 등 멀티캐스트 그룹화 관리를 수행하게 된다.

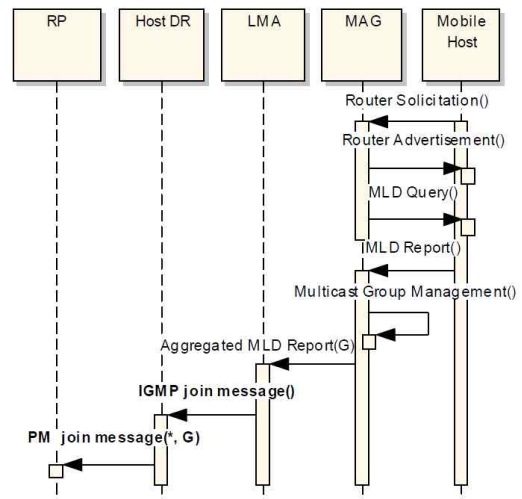


그림 4. PIM-SM과의 연결
Fig 4. Connection with PIM-SM

5) MH의 그룹화가 완료되면 LMA가 관리하고 있는 멀티캐스트 그룹 정보와 모순이 안 일어나게 일치시킨다. <그림4>는 PMIPv6의 멀티캐스트 그룹 관리 절차와 PIM-SM에서의 연계 과정을 시퀀스 다이어그램으로 나타내었다.

3.3 AMGM 스케줄링

네트워크의 서비스가 경과될수록, 서비스를 위한 멀티캐스트 그룹 및 네트워크 운영을 위한 메시지 전송량이 증가되어 네트워크의 성능이 점차 저하된다. 현재 네트워크의 전체 경로 L 의 시간 $[t, T]$ 동안의 중단 대 중단 가용대역폭을 $A_l(t, T)$ 라 하고, 현재의 대역폭을 $\alpha_l(t, T)$ 라 하였을 때 $\alpha_l(t, T) > A_l(t, T)$ 경우에는 네트워크 부하로 스트림 서비스에 지장을 초래할 수가 있다. 한편 하나의 MAG에 대한 적정 멀티캐스트 관리 능력을 MAG_{cp} 라하고, 현재 MAG이 수용하고 있는 멀티캐스트 그룹의 수가 MAG_{cu} 라 하면, AMGM방식이 네트워크에 적응적으로 그룹화를 실시하게 되

는 조건은 식은 $\{\alpha_l(t, T) > A_l(t, T)\}$ OR $\{MAG_{cp} < MAG_{cu}\}$ 가 된다. 이 방식은 인접 멀티캐스트 그룹과의 효율적인 병합을 통하여 멀티캐스트의 정도를 높인다.

■ 시간 중심 병합

그룹간 멤버의 수에서 편차가 적을 경우에는 그룹간 서비스 시간 간격이 적은 순으로 병합을 실시한다. <그림 5>는 시간 순으로 나열된 6개의 그룹(G1, G2, G3, ..., G6)을 5단계 병합을 통하여 최종 1개의 그룹으로 병합하는 과정을 나타내었다. 그룹 G2와 그룹 G3를 그룹 G3로 Forward 병합하고, 그룹 G4와 그룹 G5를 그룹 G5로 Forward 병합하였다. 나머지 그룹들도 같은 방식으로 처리를 계속한다. 우선 병합할 두개의 그룹을 선정하기 위하여 그룹 간 서비스 시간차가 가장 적은 것을 조사한다.

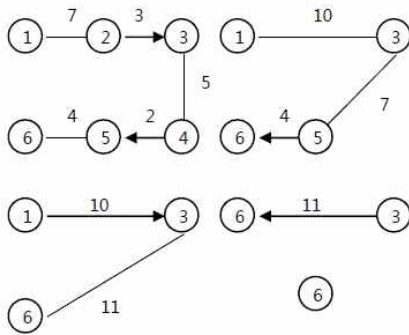


그림 5. 시간 중심 병합
Fig 5. Time based Merge

Ts를 가장 짧은 그룹간의 시간 거리라 하고 N을 그룹화 할 그룹의 수, Tgk를 k번째 그룹의 현재 서비스 시간이라 하면 식(3)으로 작성될 수 있다.

$$Ts = \min(Tg_j - Tg_i) \quad \text{where } i=1, \dots, N-1, j=2, \dots, N, i \neq j \quad (3)$$

처리율 변경을 위한 초당 삭제 프레임 수를 Fd, 추가 프레임 수를 Fa 라하고, 초당 프레임 서비스 처리 수를 Ef 라 할 때 그룹 병합에 걸리는 시간은 Forward group merge와 Backward group merge에서 각각 식(4), 식(5)로 표시 할 수 있다.

$$TmergeFor(Tg_i, Tg_j) = (Ts * Ef) / Fd \quad (4)$$

$$TmergeBack(Tg_i, Tg_j) = (Ts * Ef) / Fa \quad (5)$$

■ 개체 중심 병합

처리율 변경에 의하여 발생할 수 있는 서비스 품질의 저하를 최소한의 사용자에게 국한시키기 위하여 최소의 시간 거리를 갖는 두 개의 그룹을 병합할 경우에 병합 방향은 그룹의 개체수가 작은 그룹이 큰 그룹으로 병합하는 방식을 제안한다. 시간순으로 나열된 그룹 G1, G2, G3, ..., G6의 그룹내 개체(MH)의 수가 각각{1, 2, 8, 5, 3, 2}라 할 때 <그림 6>은 그룹의 개체수를 감안한 그룹 병합의 예를 나타내었다. 그룹의 거리가 최소가 되는 것끼리 병합하면 그룹 {G2와 G3}가 {G4와 G5} 병합되는데, 그룹 {G2와 G3}의 병합은 Forward 병합을 행하고, 그룹 {G4와 G5}의 병합은 Backward 병합을 하였다. 다시 그룹 {G3과 G4}를 Backward 병합하고, 다음 그룹 {G1과 그룹G3}이 Forward 병합하고, 최종적으로는 거리가 11이 되는 그룹 {G6와 G3}이 Backward 병합된다.

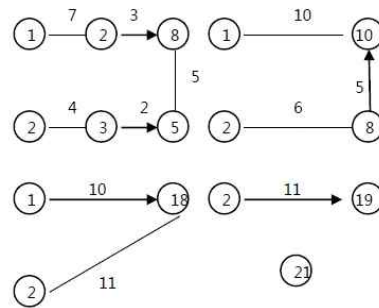


그림 6. 개체 중심 병합
Fig 6. Quantity Based Merge

결국 그룹화의 이점은 비 그룹화의 경우 6개의 프로세스가 그룹화에 의하여 1개의 프로세스가 되므로 서버 및 네트워크의 자원을 절약할 수가 있다. Forward 병합의 프로시저를 $Forward_pro()$, Backward 병합의 프로시저를 $Backward_pro()$ 라 할 때 그룹간의 병합 방향을 결정하기 위한 추가 식을 식(6)에 나타내었다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if } C_{gj} < C_{gi} \\
 & \text{then } Backward_pro(C_{gi}, C_{gj}) \\
 & \text{else } Forward_pro(C_{gi}, C_{gj}); \quad (6)
 \end{aligned}$$

■ 그룹합 중심 병합

시간을 기준으로 그룹화가 이루어진 서비스 환경에서는 초기에는 그룹간의 시간적 거리의 차이가 일정하게 유지되어 있는 경우가 있다. 물론 서비스 중에 재 그룹화에 의하여 그룹간의 서비스 시간차는 생긴다. 사용자 QOS의 최대화를 위한 그룹화는 그룹간의 시간차의 편차가 크지 않을 경우에 유용한 방식이 될 수가 있다(그림 7).

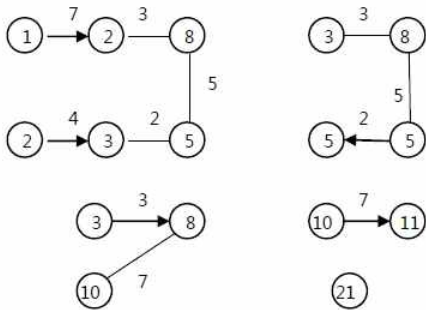


그림 7. 그룹합 중심 병합
Fig 7. Group Sum based Merge

이러한 경우 적응적 그룹화는 그룹 크기의 합이 최소가 되는 그룹을 우선 선정한다. 그리고 그룹의 크기가 최소가 되는 조합을 병합할 경우에 병합 방향은 그

그룹 내 개체의 수가 큰 방향으로 병합하는 방식을 제안한다. 그룹 {G1과 G2}가 Forward 병합, 그룹{G6과 G5}가 Backward 병합한다, 다음으로 그룹 {G4와 G5}가 Backward 병합, 그룹 {G2과 G3}이 Forward 한다. 마지막으로 그룹{G3와 G5}가 Backward 병합한다.

병합할 두개의 그룹을 선정하기 위하여 두개의 그룹의 크기를 더하여 가장 적은 것을 조사한다. N_s 를 가장 작은 그룹의 크기라 하고 N 을 그룹화 할 그룹의 수, N_{gk} 를 k 번째 그룹 내의 사용자 수라 하면 식(7)으로 작성될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 N_s &= \min(N_{gi} + N_{gj}) \\
 &\text{where } i=1\dots N-1, j=2\dots N, i \neq j \quad (7)
 \end{aligned}$$

처리율 변경을 위한 초당 삭제 프레임 수를 F_d , 추가 프레임 수를 F_a 라하고, 초당 프레임 서비스 처리 수를 E_f 라 할 때 그룹 병합에 걸리는 시간은 앞서 정의된 식(4), 식(5)와 같고, Forward 병합의 프로시저를 $Forward_pro()$, Backward 병합의 프로시저를 $Backward_pro()$ 라 할 때 그룹간의 병합 방향을 결정하기 위한 추가 식 역시 식(6)과 같다.

IV. 시뮬레이션 및 분석

4.1 실험 환경

본 논문에서의 성능분석은 멀티캐스트 패킷 트래픽 부하, 모바일 호스트의 증가에 따른 멀티캐스트 링크의 복잡도, MOR (Message Overhead Ratio)를 기존의 표준방식과 비교하였다. 표준방식과의 비교에서는 AMGM의 3가지 방식 중에서 기본적인 방식인 시간중심병합방식을 사용하였다. 또한 AMGM방식내에서 제안한 3가지 방안인 시간 중심병합과 개체 중심 병합, 그룹합 중심 병합의 특성을 각각 비교하였다. 본 논문에서 제안하는 기법은 멀티캐스트 그룹 관리정책이

로 터널링 및 RP 선정 기법은 성능 비교에서 제외하기로 한다. 현재 Mobile-IPv6를 위한 멀티캐스트 그룹관리 알고리즘은 발표된 것이 거의 없기 때문에 가능한 Draft Standard를 참고하였다. 본 논문의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이션 기법을 사용하였다. 시뮬레이션 도구는 SSFNet시뮬레이션 프레임워크를 사용하였으며, SSFNet은 프로세스 기반 이산 사건 중심 시뮬레이션 커널(Process-based Discrete Event Oriented Kernel)이다. 실험을 위하여 전체 네트워크는 2개의 Transit 도메인으로 구성하고, 각 Transit 도메인에는 4개의 Transit 노드가 있으며, 각 Transit 노드는 8개의 Stub노드가 연결된 4개의 Stub 도메인으로 연결되어 있으며 LMA, MAG, RP는 임의로 선택하였다. 모바일 호스트의 도착율 λ 는 1sec당 한 개의 평균 도착률을 갖는 Poisson Distribution으로 하였으며, 초기에는 각 SUB 도메인(그룹)에 10개까지 임의로 가입한다. 비디오 스트림은 1000초 분량으로 하였으며, 대역폭은 1Mbps, 초당 처리 프레임의 수 F_s 는 30으로 하였고, 프레임 추가(Fa), 삭제(Fd)는 QoS가 최소화되고 사용자가 쉽게 인식하지 못하는 비율[12]인 $\pm 5\%$ 로 하였다. 한편 네트워크의 가용대역폭의 산출을 위해서 다음의 식을 사용하였다[13]. $i = 1, 2, \dots, N$ 개의 개별 링크의 연결로 이루어져 있는 네트워크 경로를 L 이라고 하고, C_i 는 각 링크 i 의 최대 전송할 수 있는 초당 비트 전송률이라고 하면, 해당 경로 L 의 고정대역폭 C_L 은 L 상에서 전송률이 가장 낮은 링크로 정의되며 식(8)과 같다.

$$C_L = \min C_i, (i = 1, 2, \dots, N) \quad (8)$$

이때 링크 i 에 대해서 시간 t 에 존재하는 다른 플로우들의 전송률 합을 경쟁 플로우의 양 $B_i(t) = \sum_{i=0}^N B_i, (0 \leq B_i(t) \leq C_i)$ 으로 정의한다. 그리고 링크 i 의 시간 $[t, T]$ 동안의 가용 대역

폭, $A_i(t, T)$ 는

$$A_i(t, T) = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} (C_i - B(t)) dt \quad (9)$$

로 정의할 수 있으므로 전체 경로 L 의 시간 $[t, T]$ 동안의 중단 대 중단 가용대역폭,

$$A_L(t, T) \text{는 } A_L(t, T) = \min(A_i(t, T)) \quad (10)$$

으로 정의하였다. 본 논문에서는 적정가용 대역

$$\text{폭을 } B_L(t, T) = A_L(t, T) \times 0.8 \quad (11)$$

와 같이 임의로 정하였다.

4.2 실험 결과 분석

■ 멀티캐스트 패킷 트래픽 부하

멀티캐스트 패킷 트래픽 부하는 모바일 호스트 수인 MH 수에 대비한 멀티캐스트 트래픽에 관련된 경로의 트래픽 총량으로 평가하였다. 성능분석 결과는 <그림 8>과 같다.

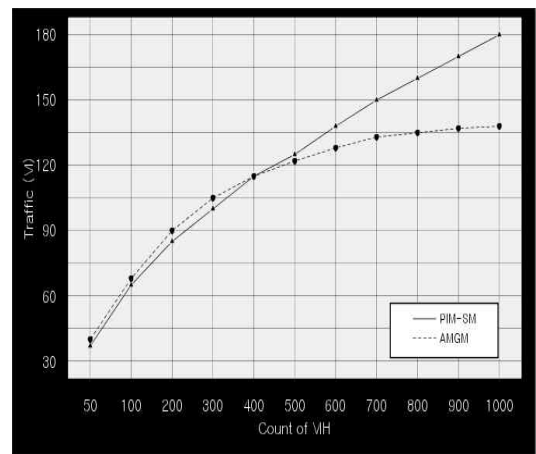


그림 8. 트래픽 부하 비교
Fig 8. A comparative Traffic-Load

MH의 조인이 증가함에 따라 네트워크의 트래픽 량도 비례적으로 증가함을 알 수 있는데, AMGM 방식이 PIM-SM/PMIPv6에 비해서 초기에 조금 많은 트래픽 사용을 보여주고 있지만, MH의 조인이 500을 넘는 부분부터 유리한 상황을 나타내고 있다. 그 이유는 AMGM방식이 자체적으로 그룹화를 수행함으로써 기본적인 네트워크의 자원을 사용하지만 멀티캐스트의 정도가 높아짐에 따라 종래의 방식보다 유리한 결과를 보여주고 있다. PIM-SM과 AMGM의 평균 트래픽 량은 각각 121.23M이고 100.75M 이며 약 20%의 효율을 보여준다.

■ 멀티캐스트 경로 복잡도

멀티캐스트 경로 복잡도는 모바일 호스트의 증가에 따른 멀티캐스트의 종단 대 종단의 홉 (Hop)수의 총합으로 정의된다. 성능분석 결과는 <그림 9>에 나타내었다.

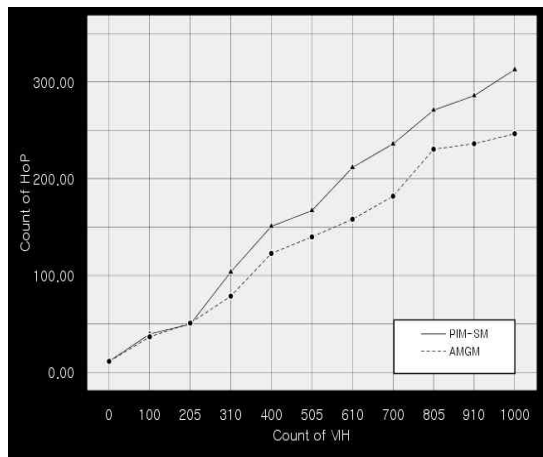


그림 9. 멀티캐스트 경로 복잡도
Fig 9. A complicated path of Multicast

종단 대 종단 의 총 홉수의 비교에서 AMGM 방식이 유리하게 나타났다. 그 이유는 AMGM 방식이 그룹화를 진행하면서 경로의 수를 감소시키는데 있다

고 할 수 있다. 평균 홉수는 PIM-SM이 159개, AMGM이 133개로 평균적으로 19.5%의 경로 단축 효과가 있었다.

■ MOR(Message Overhead Ratio)

MOR(Message Overhead Ratio)을 측정하는 실험으로 총 트래픽 량과 현재 멀티캐스트 네트워크 토폴로지 유지와 데이터 전송을 위해 발생하는 컨트롤 트래픽의 비율을 측정하고 그 결과를 <그림 10>에 나타내었다.

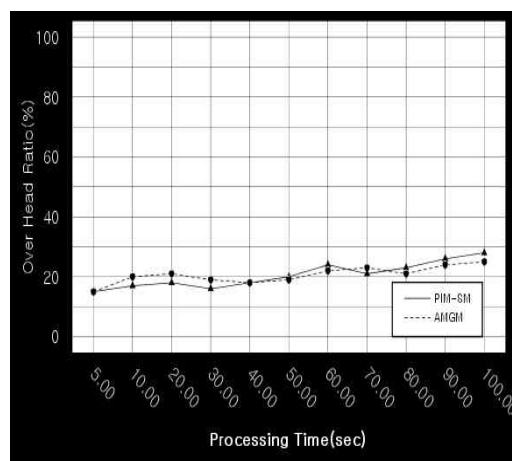


그림 10. 오버헤드 트래픽 비율
Fig 10. Over Head Traffic Ratio

평균 오버헤드 트래픽 비율은 AMGM이 20.19%, PIM-SM이 20.53%로 의미적인 차이는 없다고 보인다. 프로세스 중에 그룹화를 실현하는 AMGM방식이 PIM-SM 방식과 비슷한 오버헤드 트래픽 비율을 보여주는 것은 멀티캐스트에 의한 트래픽감소분과 이를 처리하기 위한 트래픽 증가분이 서로 상호작용을 하기 때문이라고 본다.

■ AMGM의 3가지 방식 특성 비교

AMGM의 3가지 방식에 대한 그룹화 처리 능력을

비교하여 보았다. AMGM 방식이 그룹화 관리를 위해서 전송 중 미디어 패킷을 조정하기 때문에, 이 작업에 해당되는 모바일 호스트수와 처리시간의 곱을 비교하면 어느 방식이 QOS에 유리한지 파악할 수가 있다. 이를 <그림 11>에 나타내었다.

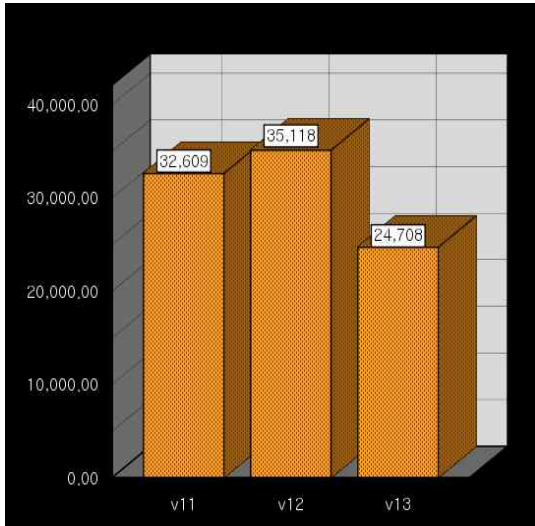


그림 11. AMGM 방식별 특성비교
Fig 11. A Property of AMGM Methods

<그림 11>에서 V11, V12, V13은 각각 시간 중심 병합, 개체 중심병합, 그룹합 중심병합 방식이며, 수치가 높을수록 바람직하지 못하다. 3가지 방식 중 시간 중심 병합과 개체 중심 병합은 서로 비슷한 결과를 보였으나, 그룹합 중심 병합이 가장 우수한 것으로 나타났다. 그 이유는 그룹화 작업시에 시간과 MH수를 감안한 결과가 그대로 반영된 것으로 보인다.

V. 결론

네트워크의 서비스가 경과될수록, 서비스를 위한 멀티캐스트 그룹 및 네트워크 운영을 위한 메시지 전

송량이 증가되어 네트워크의 성능이 점차 저하된다. 본 논문은 PIM-SM/PMIPv6 멀티캐스트 환경에서 효율적인 멀티캐스트 그룹화 방안을 제안하였다. AMGM 방식은 인접 멀티캐스트 그룹과의 효율적인 병합을 통하여 멀티캐스트의 정도를 높인다. 이를 검증하기 위하여 멀티캐스트 패킷 트래픽 부하, 모바일 호스트의 증가에 따른 멀티캐스트 링크의 복잡도, MOR (Message Overhead Ratio), AMGM방식내의 시간 중심병합과 개체 중심 병합, 그룹합 중심 병합의 특성을 각각 비교하였다. 기존 표준 방식과 비교하였을 때 멀티캐스트 패킷 트래픽 부하는 20%, 멀티캐스트 경로 복잡도는 19.5%의 의미있는 향상을 보여 주었고, MOR (Message Overhead Ratio)을 측정하는 실험에서는 AMGM방식이 멀티캐스트 그룹화를 위하여 메시지 오버로드가 발생할 것으로 예상하였으나 기존 표준 방식과 별 차이가 없음을 알 수 있었다. AMGM 방식에서 제안한 그룹화 3가지 방안에 대한 특성 비교에서는 그룹합 중심 병합이 가장 우수한 것으로 나타났다. 그 이유는 그룹화 작업시에 시간과 MH수를 감안한 결과가 그대로 반영된 것으로 보인다. AMGM 방식은 앞으로 보편화될 IPTV등 스마트 서비스에 있어서 효율적인 전송 방식으로 활용할 수가 있으며, 현재 표준화 작업 중인 PMIPv6에 대하여 프로토콜 내부의 특징적 역할을 하는 노드들의 속성을 적극적으로 활용함으로써 서비스를 향상시킬 수 있는 연구도 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] T. Schmidt and M. Waehlich, "“Multicast Mobility in MIPv6: Problem Statement and Brief Survey,”” Internet Draft, IRTF, July 2008.
- [2] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6", RFC 5213, August 2008.
- [3] Estrin, D., Farinacci, D. "Protocol independent multicast - sparse mode (pim-sm): Protocol specification". Internet

- Request for Comments RFC 2117, June 1997.
- [4] T. Schmidt, M. Waehlich, and S. Krishnan, “*Base Deployment for Multicast Listener Support in Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) Domains*”, RFC 6224, April 2011.
 - [5] Sunguk Choi “*An Effective Scheduling for Multicast Services based on the PMIPv6*”, DCS, vol 12, no 1, pp 11~21, 2011, 3
 - [6] H. Asaeda, P. Seite, and J. Xia, “*PMIPv6 Extensions for Multicast*”, draft-asaeda-multimob-pmip6-extension-05.txt, February 2011.
 - [7] S. Jeon and Y. Kim, “*PMIPv6 Multicasting Support using Native Infrastructure*”, draft-sijeon-multimob-directrouting-pmip6-00.txt, March 2011.
 - [8] D. Waitzman, S. Deering, C. Partridge, “*Distance Vector Multicast Routing Protocol*”, RFC 1075, November 1988.
 - [9] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, V. Jacobson, L. Wei, “*Protocol Independent Multicast - Dense Mode (PIM-DM): Protocol Specification*”, Proposed Experimental RFC, September 1996.
 - [10] A. Ballardie, “*Core Based Trees (CBT) Multicast Routing Architecture*”, RFC 2201, 1997.
 - [11] D. Estrin, D. Farinacci, S. Deering, D. Thaler, A. Helmy, M. Handley, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, L. Wei, “*Protocol Independent Multicast Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification*”, IETF, Jun. 1998.
 - [12] Ohanian TA, “*Digital nonlinear editing: new approaches to editing film and video. Focal Press*”, Boston, Mass, 1993
 - [13] Heesang Lee, Sunhun Lee, “*An Available Bandwidth Measurement Scheme for Efficient Streaming Service*”, KIISE, vol 34, no 2, pp.100-109, 2007. 4.

감사의 글

“이 논문은 2011년도 인천대학교 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.”

저자소개



최성욱 (Sung-Uk Choi)

1983년 광운대학교(이학사)
1987년 경희대학교(공학석사)
2001년 아주대학교(공학박사)

현재 인천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : SoftWare Architecture, Mobile Network, Web Services