

이동성 있는 호스트에 대한 개선된 멀티캐스트 프로토콜

장진용, 송주석
연세대학교 컴퓨터과학과
{jyang, jssong}@emerald.yonsei.ac.kr

An Enhanced Multicast protocol for Host Mobility

Jin-Yong Jang, Joo-Seok Song
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요약

IETF 이동 IP에서는 원격 가입 방식과 양방향 터널링 방식의 두 가지 멀티캐스트 프로토콜을 제안하고 있다. 원격 가입 방식은 데이터 패킷의 최적 경로를 보장하지만 호스트의 이동성이 활발할 경우 멀티캐스트 트리의 재구성이 빈번하게 발생할 수 있다. 양방향 터널링 방식은 알고리즘이 간단하고 안정적인 반면 비효율적인 전송경로에 기인한 삼각형 라우팅 문제와 터널집중화문제를 발생시킨다. 본 논문에서는 에이전트의 멀티캐스트 그룹 가입과 탈퇴를 최대한 억제하여 트리 재구성 비용을 절감하였다. 또한 터널링에이전트(TA: Tunneling Agent)의 개념을 도입하여, MIP-RS와 MIP-BT의 문제점을 동시에 개선시킴과 동시에 네트워크에 크게 영향을 받지 않고 일정 수준 이상의 성능을 보장하는 방법을 제안한다.

1. 서론

최근 컴퓨터 하드웨어의 급속한 발전으로 인해 단말이 소형화되고 있으며, 단말에 이동성을 부여하는 것이 보편화되고 있다. 인터넷의 근간을 이루는 TCP/IP는 유선망과 고정 호스트를 염두해두고 만들어진 프로토콜이므로, 단말의 이동성을 지원하기 위해 이동 호스트를 위한 이동 IP(mobile IP) 프로토콜이 IETF에 의해 제안되었다[1]. 한편, 멀티캐스트 기술은 TCP/IP와 쌍벽을 이룬만한 기술로서 한번의 전송으로 다수의 수신 호스트가 데이터를 전송 받을 수 있게 해주는 기술이다. 멀티캐스트 기술의 사용으로 네트워크 트래픽의 양을 줄일 수 있으며, 멀티미디어 통신일 경우 이러한 네트워크 트래픽의 절약은 매우 유용하다. 그러나 IP 네트워크 환경에서 이동 호스트에게 멀티캐스트를 적용시키기는 어려운 문제이다. 왜냐하면 DVMRP[2], MOSPF[5], CBT[7]와 같은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 고정 호스트를 염두해두고 설계되었기 때문이다.

본 논문에서는 이동 IP 환경에 멀티캐스트를 적용하는 여러 가지 방법들을 살펴보고, 각각의 방법들이 가지는 단점들을 지적하며, 그러한 단점들을 개선시키는 새로운 이동 멀티캐스트 프로토콜을 제시한다.

2. 기존 연구

현재 IETF 이동 IP 프로토콜에서는 멀티캐스트를 지원하기 위한 두 가지 방법을 제시하고 있다. 첫 번째 방법은 양방향 터널링(MIP-BT: Bi-directional Tunneled)방식이며, 두 번째 방법은 원격 가입(MIP-RS: Remote Subscription)방식이다. 그 외에 MIP-BT 방법과 MIP-RS 방법을 개선한 MoM, RBMoM 방법이 있다.

2.1 MIP-BT(Mobile IP Bi-directional Tunneled)

MIP-BT 방식은 HA(Home Agent)가 이동 호스트(Mobile Host)까지의 데이터 전송에 대한 책임을 진다. 즉, 이동 호스트가 자신의 홈 네트워크에서 다른 서브네트워크로 이동하였을 때 HA는 멀티캐스트 데이터를 받아서 이동 호스트에게 터널링을 통하여 전달한다. 언제나 재가입은 HA를 통해서 이루어진다. 이 방법의 장점은 멀티캐스트 트리가 오래 유지되기 때문에 트리 유지비용이 비싸지 않다는 점이다. 그러나 데이터가 터널링을 통해서 이동 호스트에게 전달되므로 삼각형 라우팅 문제(triangular routing problem)를 발생시킨다. 즉 최단 경로가 아닌 경로로 데이터가 돌아서 전송되는 것이므로 비효율적인 전송을 유발시킨다. 또한 같은 멀티캐스트 그룹에 속한 여러 개의 이동 호스트들이 동일한 서브네트워크로 이동하

였을 때, 각 이동 호스트에게 HA는 중복된 패킷을 보내게 된다. 또한 같은 멀티캐스트 그룹에 속한 여러 개의 HA들이 같은 FA(Foreign Agent)에게 동일한 데이터를 전송하는 터널 집중화 문제(Tunnel convergence problem)가 발생하는 단점이 있다. 이는 코어망의 대역폭 낭비를 유발시키게 되어 멀티캐스트의 본래 취지인 대역폭 절약에 위배된다.

2.2 MIP-RS(Mobile IP Remote Subscription)

MIP-RS방식에서는 FA를 통해 이동 호스트가 멀티캐스트 데이터를 받는다. 이 방식에서는 이동 호스트가 새로운 서브네트웍으로 이동할 경우 그 서브네트웍에 위치한 FA에 IGMP 가입 메시지를 보내서 가입의사를 밝힌다. FA 자신이 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있다면, 그 호스트를 자신이 관리하며, 멀티캐스트 데이터 전송에 대한 책임을 진다. 만약 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있지 않다면, FA는 멀티캐스트 그룹에 가입하여 멀티캐스트 라우터의 하나로 동작하며, 멀티캐스트 트리의 한 노드가 된다. 그룹에 가입한 FA는 이동 호스트에게 멀티캐스트 데이터를 전달해준다. 이 방법은 FA로 데이터가 전달되므로 최적의 경로를 제공해주는 장점이 있는 반면 이동 호스트의 이동성이 활발할 경우 코어망에서 멀티캐스트 트리를 빈번하게 재구성해야 하므로 트리 재구성 비용이 증가하게 된다.

2.3 MoM과 RBMoM

MIP-BT와 MIP-RS의 단점을 극복하기 위해 MoM[3], RBMoM[4] 등의 프로토콜이 제안되었다. MoM은 터널 집중화 문제를 해결하기 위해서 동일 멀티캐스트 그룹에 속한 HA 중에서 하나의 DMSP(Designated Multicast Service Provider)를 선출하여 DMSP만이 데이터를 이동 호스트에게 전송함으로써 동일 데이터가 같은 FA로 전송되는 문제를 해결하였다. 그러나 이동 DMSP가 관리하고 있는 이동 호스트가 다른 서브네트웍으로 이동하였을 때 이전 서브네트웍에 남아있는, 다른 HA가 관리하고 있는, 이동 호스트들은 데이터를 수신하지 못하게 되는 문제점이 있다. 한편 RBMoM 등의 프로토콜들이 제안되었지만 효과적으로 MIP-RS와 MIP-BT의 단점을 해결하고 있지는 못하고 있다.

3. 제안 프로토콜

이동 IP 환경에서 멀티캐스트를 적용할 때, MIP-RS방식과 MIP-BT 방식은 상호보완적인 특징을 가지고 있다. 즉 특정 환경에서는 MIP-RS가 좋은 성능을 보이는 반면, 또 다른 환경에서는 MIP-BT가 좋은 성능을 보일 수 있다. 이에 본 논문에서는 이동호스트의 이동성이나 네트워크의 상황에 의존성 없이 일정 수준 이상의 성능을 보이는 프로토콜을 설계하기 위해 다음과 같은 설계목표를 설정하였다.

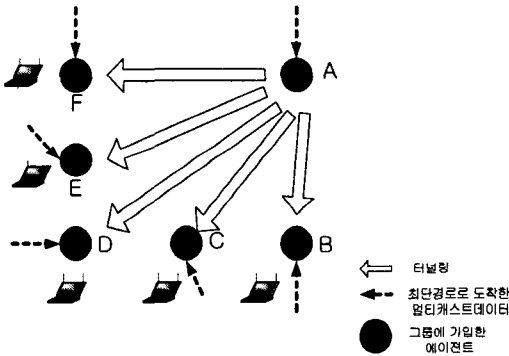
- 트리 유지: 트리 재구성으로 인한 비용을 최소화시키는 것을 목표로 한다.
- 터널링 최소화: 터널링으로 인한 삼각형 라우팅 발생을 최소화시켜 코어망에서의 대역폭 낭비를 최소화시키는 것을 목표로 한다.
- 터널집중화 최소화: 터널집중화로인한 중복패킷전송을 최소화시키는 것을 목표로 한다.
- 적응성: 어느 환경에서나 잘 동작하도록 설계한다. 즉 극단적인 네트워크 환경에서도 일정수준의 성능을 보장하도록 설계한다.

제안된 방식의 목표는 트리 구성을 최대한 유지하여, 트리 재구성 비용을 최소로 하는데 있다. 이를 위해 먼저 고정 호스트들을 대상으로 설계된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 특징을 알아본다. DVMRP, MOSPF 등의 멀티캐스트 라우팅 동작은 본 논문의 범위를 벗어나므로, 여기서는 트리가 재구성되는 경우만을 살펴보기로 한다. 위와 같은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 멀티캐스트 라우터들을 노드로 하는 소스로부터의 트리를 만드는데서 시작된다. 각 멀티캐스트 라우터들은 자신의 서브네트웍의 호스트들을 관리하게 된다. 고정 호스트들도 그룹에서 가입/탈퇴를 할 수 있으므로 트리의 변동이 있을 수 있다. 하지만 멀티캐스트가 관리하는 유일한 호스트의 가입/탈퇴가 아니라면 트리 재구성에는 영향을 주지 않는다. 호스트가 이동 호스트라면 특유의 이동성에 기인한 이동이 있을 수 있으며, 이로 인해 호스트의 가입/탈퇴가 빈번해진다. 즉, 호스트의 가입/탈퇴 의사에 관계없이 이동성으로 인한 추가적인 가입/탈퇴가 있을 수 있다. 이 경우에도 호스트가 멀티캐스트 라우터가 관리하는 유일한 호스트가 아니라면, 트리 재구성에는 영향을 주지 않는다. 이에 본 논문에서 제안하는 프로토콜은 이동 호스트의 이동성이 멀티캐스트 라우터의 가입/탈퇴에 영향을 주지 않도록 설계하였다.

제안한 모델에서 각 에이전트(HA, FA)들은 멀티캐스트 라우터의 기능을 하며, 설명의 편의상 에이전트가 관리하는 서브네트웍은 에이전트가 유일한 멀티캐스팅 라우터라고 가정한다. MIP-RS 방식에서는 멀티캐스트 그룹에 속한 이동호스트의 이동성이 많을 경우 FA가 가입/탈퇴를 해야할 확률이 늘어나며 이로 인한 트리재구성 비용이 증가하게 된다. 예를 들어, 특정 이동 호스트 MH1이 새로운 서브네트웍2로 이동하였을 때, 그 곳에 위치한 FA2가 멀티캐스트 그룹에 가입되지 않은 멀티캐스트 라우터라면, FA2는 멀티캐스트 그룹에 가입하여야한다. 이 때, MH1이이동해오기 전의 서브네트웍1에서 MH1이 FA1이 관리하는 유일한 멀티캐스트 그룹멤버였다면, FA1은 그룹에서 탈퇴하여야한다. 이는 MH1이 그룹에서 탈퇴하겠다고 의사를 밝힌 경우가 아닌, 이동 호스트의 이동성에 기인

한 탈퇴라는데 문제가 있다. 이로 인해 FA1은 트리에서 떠나야하며, 트리는 재구성되어야 한다.

제한한 프로토콜에서는 이동 호스트가 에이전트가 관리하는 유일한 그룹 멤버라면 탈퇴 의사를 밝히지 않는 한 이동성으로 인한 탈퇴를 방지하기 위해, 이 경우에 한해서 터널링으로 데이터를 전송한다. 이로 인해 에이전트(HA)도 그룹에서 탈퇴를 하지 않게 되어 트리가 재구성되지 않는다. 또한 이동 호스트가 새로운 서브네트웍으로 이동했을 때, 그 곳에 위치한 FA가 그룹에 가입되어 있는 경우가 아니며 탈퇴후 재가입이 아닌 이동성으로 인한 재가입이라면, 에이전트(FA)도 재가입을 하지 않는다. 즉, 이동 호스트의 이동성은 에이전트의 그룹 가입/탈퇴에 영향을 주지 않으므로 한번 설정한 멀티캐스트 트리를 최대한 오래 유지시킨다.



[그림 1] MIP-BT의 문제점

[그림 1]에서처럼 MIP-BT에서 같은 그룹에 속한 HA의 이동 호스트들이 각각 다른 서브네트웍으로 이동하였을 경우를 생각해볼 수 있다. [그림 1]은 네트워크에 이동 호스트가 많고, 이동성이 많으면서 각기 다른 서브네트웍으로 이동이 분산될 경우이다. DVMRP를 사용할 경우 최단 경로로 멀티캐스트 데이터가 전송되지만 HA로부터는 다시 유니캐스트 터널링을 통해서 각 이동 호스트로 전달된다. 극단적인 경우 그룹에서와 같이 이동 호스트가 이동해간 서브네트웍의 FA가 모두 그룹에 가입되어 있는 FA라고 하더라도 모두 터널링을 해서 데이터를 받게 되어 대역폭의 낭비가 더욱 심하다. 이러한 문제점은 제시한 프로토콜로 해결이 될 수 있다. 본 프로토콜을 사용하면, 하나의 터널만 남기고 나머지 터널을 제거하고, 터널링으로 데이터를 받지 않는 호스트들(터널을 끊은 이동 호스트들)은 현재 서브네트웍의 FA를 통하여 데이터를 전송 받게 된다. 이때, 하나의 터널을 유지시키는 이유는 다음과 같다. 모든 호스트와의 터널을 끊게 된다면, HA는 멀티캐스트 트리에서 떨어져야하고, 이는 트리 재구성 비용을 증가시

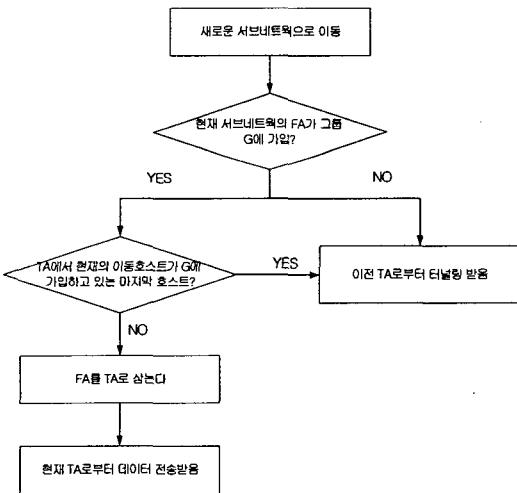
키는 원인이 된다. 또한 다른 서브네트웍에서 HA의 서브네트웍으로 이동해오는 이동 호스트를 위해서 가입을 유지시키는 이유도 있다. HA의 서브네트웍이 트리에서 떨어져나가면 트리재구성 비용에 영향을 줄 뿐만 아니라 바로 다음에 이 곳으로 들어오는 이동 호스트가 가입여부를 따질 때 계속 터널링을 선택하게 하는 원인이 된다. 그러므로 이 곳으로 들어오는 이동 호스트가 유지하고 있는 터널링을 끊게 하여 효율적인 데이터 전송을 하게 하기 위한 방법도 된다. 새로운 호스트가 들어와서 HA에게 가입의사를 밝힌다면, 이 때는 이전에 유지하고 있는 모든 터널링을 끊어도 된다.(단, 현재 터널링을 끊으려고 하는 이동 호스트가 위치한 곳의 FA가 그룹에 가입되어 있을 경우). 그림과 같은 상황에서 터널링을 끊을 때, 하나의 호스트만 남기는 기준은 터널의 길이이다. 즉, HA는 자신과 가장 가까운 서브네트웍에 위치한 터널만 남기게 된다. 이는 가장 가까운 터널 비용이 싸다는 사실에 기인한다.

프로토콜의 알고리즘을 기술하기 위해 다음과 같은 시나리오를 가지고 설명한다. 임의의 HA에 위치한 이동 호스트가 새로운 서브네트웍으로 이동했을 때, 그 곳의 FA가 그룹에 가입이 되어있지 않은 에이전트라면, 이동 호스트는 재가입 요청을 하지 않고, HA로부터 터널링을 받는다. 만약 새로 이동해간 서브네트웍의 FA가 그룹에 이미 가입이 되어있는 에이전트라면 이동 호스트는 HA로부터 터널링 받지 않고, 이 FA에게 자신의 그룹 가입 의사를 밝힌다. 그 후 FA로부터 멀티캐스트 데이터를 전송 받게 된다. 이렇게 하는 이유는 이미 FA가 그룹에 가입되어 있다면, HA로부터 터널링받지 않아도 그 FA로부터 데이터를 전송 받을 수 있기 때문이다. 이 때, HA와의 터널링을 끊게 되는데, HA와의 터널링 관계를 끊고, FA로부터 데이터를 직접 받기 전에 그 이동 호스트가 HA에 속하여 멀티캐스트를 받고 있는 마지막 호스트인지 아닌지를 확인한다. 왜냐하면 자신이 HA의 마지막 호스트임에도 불구하고, 터널링 관계를 끊는다면, HA는 서비스를 제공할 마지막 호스트가 떠난 것이 되고, 그렇게 된다면 HA는 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하여야하며, 이로 인해 트리가 바뀌게 된다. 이러한 상황이 빈번하다면, 트리의 재구성으로 인한 비용이 많이 증가하게 된다. 그러므로 자신이 HA로부터 멀티캐스트 데이터를 받고 있는 마지막 호스트라면, 현재의 FA이 그룹에 가입한 FA라하더라도 계속 HA로부터 터널링으로 데이터를 전송 받게 된다. 이렇게 FA에서 그룹에 가입을 한 이동 호스트는 FA를 통해 멀티캐스트 데이터를 전송 받게 된다. 만약 이 이동 호스트가 또 다른 서브네트웍으로 이동하였을 때, 그 곳의 FA가 이미 그룹에 가입한 FA라면 이동 호스트는 가입을 하고, 그 FA를 통하여 멀티캐스트 데이터를 전송 받게 된다. 이때도 앞의 경우와 마찬가지로 자신의 이전 FA에서 멀티캐스트 그룹에 가입된 유일한 호스트였다면, 가입 대신 터널링을 선택한다. 이는 트리를 최대한 유지시키고, 터널링은 줄이

는 메커니즘이다. 그렇지 않고 새로 이동한 서브네트워크의 FA가 멀티캐스트 그룹에 가입이 되어 있지 않다면, 이동 호스트도 가입신청을 하지 않고, 이전의 FA로부터 데이터를 터널링해서 받는다. 이때 터널링을 해주는 에이전트(지금의 경우는 이전의 FA)를 터널링 에이전트(TA: tunneling agent)라고 정의한다. 즉, 최초의 경우에는 HA가 TA가 되는 것이다. 결국 MIP-RS에서는 매번 선택 없이 가입하기 때문에 트리가 바뀌고, MIP-BT에서는 무조건 터널링만 사용하기 때문에 이동 호스트가 n개 일 때 n개의 터널이 형성되지만 제안한 프로토콜은 트리 구성을 바꾸지 않으면서 적절한 터널링의 개수를 줄이게 된다.

만약 이동 호스트가 현재 다른 서브네트워크에 있을 때 재가입 요청을 한다면(이동성으로 인한 가입이 아닌, 탈퇴 후 재가입), G에 가입한 가장 가까운 곳에 위치한 FA에 가입하여, 그 FA를 TA로 삼는다.

[그림 2]는 이동 호스트가 새로운 서브네트워크로 이동 하였을 경우의 알고리즘을 나타내고 있다.



[그림 2] 제안된 프로토콜의 알고리즘

4. 개선된 점

제안 프로토콜은 다음과 같은 특징을 가지고 있으며, 이는 이동 IP[1]에 멀티캐스트 방법들을 적용했을 때의 문제점들을 개선하였음을 의미한다.

- MIP-RS의 단점인 트리 재구성 비용증가 개선
- MIP-BT의 단점인 터널 집중화 문제 개선
- MIP-BT의 단점인 중복 데이터 전송 개선
- MIP-BT의 단점인 삼각형 라우팅 문제 개선
- MIP-BT의 장점인 트리 재구성의 저비용 유지

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서 제시한 멀티캐스트 프로토콜은 MIP-BT에서의 장점을 그대로 유지시키면서, MIP-BT의 단점과 MIP-RS의 단점은 감소시킬 수 있었다. 그러나 MIP-BT에서의 터널 집중화 문제는 많이 해소되었지만 남아있다. 이에 제안된 방법에 MoM 방법에서의 DMSP 방법을 추가하는 방안을 고려해볼 수 있다. 또한 개선된 항목들을 비교하기 위한 시뮬레이션이 진행 중에 있다.

6. 참고 문헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support", RFC 2002, IBM Oct.1996
- [2] D. Waitzman, C. Rartridge and S. Deering, "Distance Vector Multicast Routing Protocol", RFC1075, BBN STC and Stanford University, Mov. 1988
- [3] T.G. Harrison, C.L. Williamson, W.L. Mackrell and R.B. Bunt, "Mobile Multicast(MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts", Proc. ACM/IEEE MOBICOM97, Sept. 1997
- [4] C.R. Lin and K.M. WANG, "Mobile Multicast Support in IP Networks", IEICE TRANS. COMMUN.,VOL.E84-B, NO.2 Feb. 2001
- [5] J. Moy, "Multicast Extension to OSPF", Communications of the ACM, Aug. 1994
- [6] G. Xylomenos and G.C. Polyzos, "IP Multicast for Mobile Hosts", IEEE Communication Magazine, Jan. 1997
- [7] A. Ballardie, P. Francis and J. Crowcroft, "Core Based Trees: An Architecture for Scalable Inter-Domain Multicast Routing", Proc. ACM SIGCOMM'93, Aug. 1993