

무선 멀티캐스트 환경에서 IGMP 참가 지연 단축을 위한 매커니즘

이신형, 변상선, 유혁
고려대학교 컴퓨터학과
e-mail : shlee@os.korea.ac.kr

Mechanism for Reducing IGMP Join Delay on Wireless Multicast

Shin-Hyoung Lee, Sang-Sun Byun, Hyuck Yoo
Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

이동 단말의 수요가 급증하고 무선 인터넷 환경이 널리 보급되면서 무선 멀티캐스트 환경의 필요성이 커지고 있다. 이를 위해 유니캐스트와 마찬가지로 핸드오프를 위한 프로토콜로 양방향 터널링과 원격 가입이 제시되고 있다. 하지만, 이들 프로토콜은 각각 데이터 전달 경로의 최적성과 실시간성에 있어서 문제점을 가지고 있다. 따라서 원격 가입 지연 시간을 최소화 시키기 위해 핸드오프 발생시 빠르게 그룹 참가 메시지를 보내도록 IGMP 를 수정하고 이를 직접 리눅스 커널에 구현 및 실험해 보았다.

1. 서론

최근 이동 단말의 급증과 함께 무선 인터넷 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 노드의 이동을 지원하기 위한 많은 핸드오프 프로토콜이 고안되어 왔다. 하지만 이러한 핸드오프 프로토콜은 유니캐스트 통신 방식에 초점이 맞추어져 있기 때문에 무선환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 별도의 핸드오프 프로토콜을 마련해야 한다[1].

멀티캐스트를 무선에서 원활히 지원하기 위해서는 노드의 이동성을 보장하는 핸드오프 방법이 필요하다. 기존의 핸드오프 방법으로 제시되었던 원격 가입(Remote Subscription)과 양방향 터널링(Bidirectional Tunneling) 방식은 데이터 전달경로의 최적성과 실시간성에 있어서 서로 트레이드 오프 관계를 갖는다[2]. 원격가입은 이동단말이 IGMP 쿼리를 기다림으로써 지연시간이 발생하고 양방향 터널링의 경우 터널 집중현상(tunnel convergence)과 데이터의 중복수신 문제가 있게 된다.

멀티캐스트는 그룹에 대한 관리 유지를 위해 IGMP(Internet Group Management Protocol)를 사용한다. IGMP 를 통해 노드들은 자신이 원하는 멀티캐스트 그

룹에 참가(join)하여 해당 그룹으로 송신되는 멀티캐스트 데이터를 수신하게 된다[3].

본 논문에서는 기존의 핸드오프 방법으로 제시된 원격 가입 방식의 IGMP 쿼리로 인한 핸드오프 지연 문제를 분석하고 이를 개선하기 위한 방법을 기술한다. 그리고, 그 개선사항을 리눅스 커널에 직접 구현하고 그 결과를 기술한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다.

2 장에서는 기존의 핸드오프 프로토콜에 대해, 3 장에서 원격 가입 프로토콜의 통신 재개 지연에 대한 분석 및 수정된 IGMP 를 제안한다. 이어서 4 장에서는 이를 줄이기 위한 수정된 IGMP 를 제안한다. 5 장에서는 결론을 맺도록 하겠다.

2. 양방향 터널링과 원격 가입

이동 단말이 새로운 FA(Foreign Agent) 영역으로 이동했을 경우 핸드오프가 일어나게 된다. 이 때 새로운 FA 의 영역 내에 있는 다른 이동 단말이 자신이 받고자 하는 멀티캐스트 그룹의 데이터를 받고 있다면 link layer 의 핸드오프만으로 해당 그룹의 데이터를 계

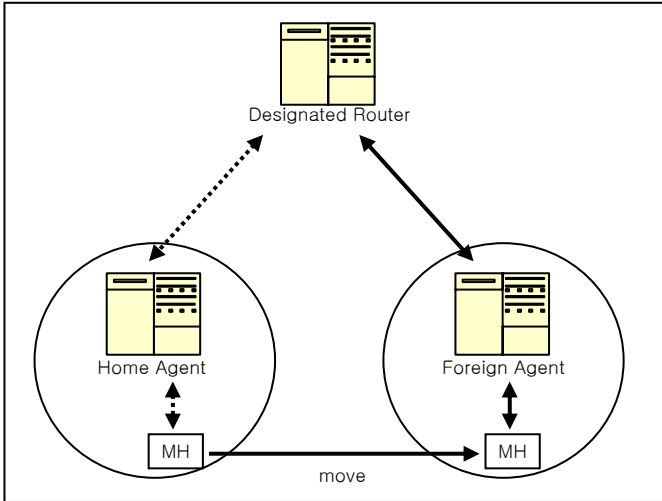


그림 1. 원격 가입

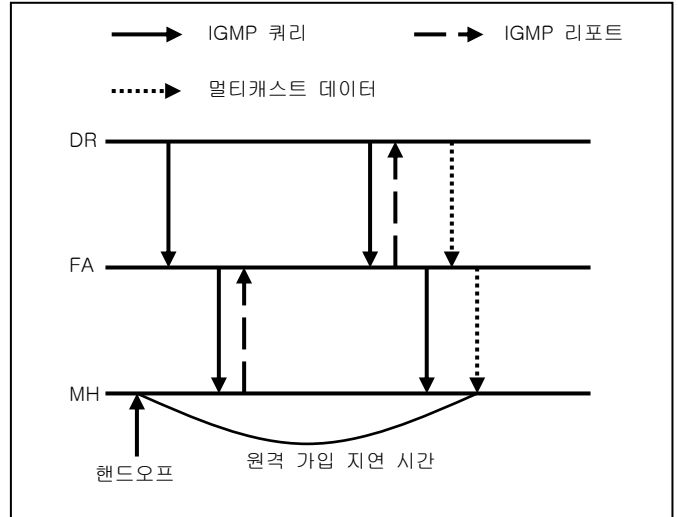


그림 3. IGMP의 동작과정과 원격 가입 지연시간

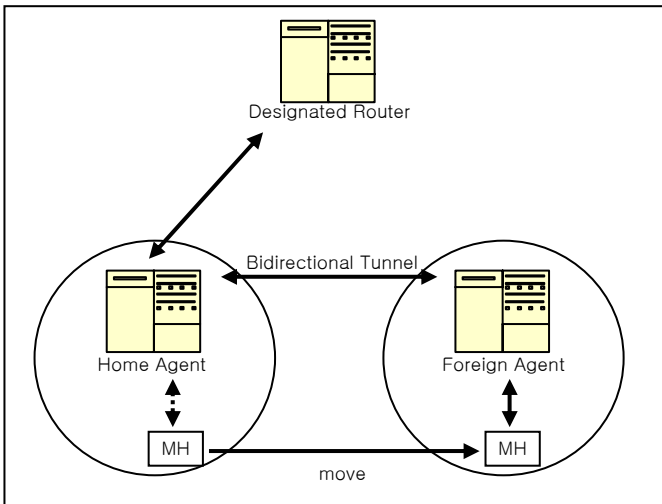


그림 2. 양방향 터널링

속해서 받을 수 있다. 하지만, FA 영역에서 해당그룹의 멀티캐스트 데이터를 받는 다른 이동 단말이 없다면 새로 FA에게 멀티캐스트 그룹 가입을 요청하거나, 기존의 HA로부터 데이터를 터널링 받아야 한다. 이러한 핸드오프를 지원하기 위해서는 원격 가입 기법과 양방향 터널링 기법이 제시되었다[4][5].

<그림 1>은 원격 가입 기법을 사용하여 새로운 FA에게 이동 단말이 가입하고 있는 멀티캐스트 그룹 가입을 재차 요청하는 방법을 기술한다. 이는 FA 영역 내에 자신과 같은 멀티캐스트 그룹의 멤버가 없다면 가입이 완료될 때까지 이동 단말은 데이터를 받지 못함으로 인해 통신의 단절이 발생하게 된다.

<그림 2>에서 보여지는 양방향 터널링 기법은 HA가 새로운 FA에게 터널링을 통해 데이터를 보내주는 방법이다. 양방향 터널링은 하나의 FA 영역에 동일한 멀티캐스트 그룹의 데이터를 수신하는 이동 단말이 두 개 이상일 경우 동일한 멀티캐스트 데이터를 중복 수신하게 된다. 또한 많은 수의 이동 단말이 있다면 FA에게 터널이 집중되는 터널 집중 현상(Tunnel Convergence)이 발생하게 되고 데이터 전달 경로가 최적화 되지 못한다. 그리고 양방향 터널링의 경우

IGMP 쿼리 메시지 역시 터널을 통해 전달되므로 쿼리 도착 시간이 이동 단말의 위치에 따라 달라진다. 따라서 IGMP 쿼리 후 리포트 메시지를 기다리는 시간을 예측하기가 어려워진다[2].

이런 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 방법이 제시되었다. 첫번째 방법은 핸드오프가 일어나면 양방향 터널링을 요청하고 동시에 원격 가입을 수행한다. 나중에 원격 가입이 완료되면 터널링을 종료하게 된다. 이 경우 원격 가입이 완료되기 전까지는 양방향 터널링의 문제점이 그대로 드러나게 된다. 두번째는 일정 도메인 내에서는 양방향 터널링을 사용하고 도메인을 벗어나게 되는 경우 원격 가입을 사용하는 방법이다 (RBMoM : Range-based Mobile Multicast). 이 방법 또한 도메인 내에서는 양방향 터널링의 문제점을 동일하게 갖게 되고 도메인을 벗어나면 원격 가입의 지연 문제를 갖게 된다.[6]

3. 원격 가입 지연 시간 해결방안

원격 가입은 가입 시간의 지연으로 인한 통신 단절 문제 외에 양방향 터널링이 갖는 문제점을 갖지 않는다. 원격 가입의 지연은 IGMP의 동작 방식과 밀접한 관계가 있다. <그림 3>에서 볼수 있는 바와 같이 이동 단말이 핸드오프를 하고 멀티캐스트 그룹 참가를 하기 위해 라우터의 IGMP 쿼리 메시지를 기다린다. IGMP 쿼리 메시지를 받으면 이동 단말은 그에 대한 리포트 메시지를 보낸다. 새로운 FA가 해당 멀티캐스트 그룹의 데이터를 수신하고 있다면 이동 단말은 바로 멀티캐스트 데이터를 받게 된다. 만약 FA가 데이터를 수신하고 있지 않다면 FA는 자신이 멀티캐스트 데이터를 받아야 함을 알게 되고, DR (Designated Router)에게 멀티캐스트 인터페이스를 요청한다. 유선 환경에서는 처음 그룹 멤버로 참가할 때에만 이러한 상황이 발생하지만, 무선 환경에서는 핸드오프가 일어날 때마다 이러한 과정을 거치게 된다. 결국 이로 인해 통신 단절이 발생하게 된다[7].

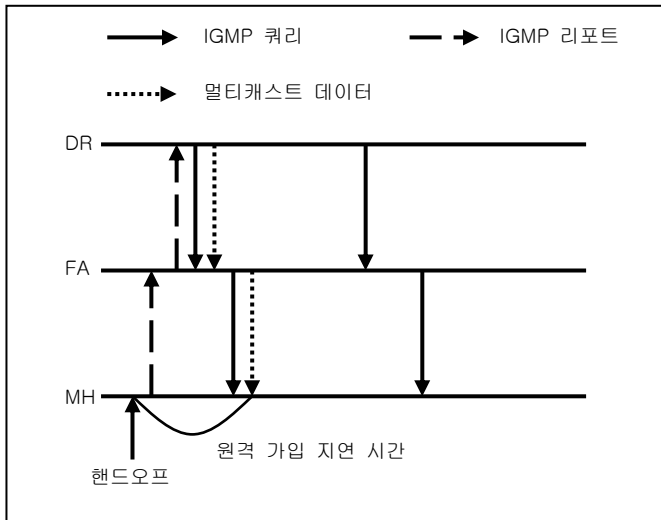


그림 4. 원격 가입 지연시간 최소화

이러한 요인은 상당히 유동적으로 작용하게 된다. FA의 IGMP 쿼리 메시지가 전달되는 시점과 이동 단말이 언제 멀티캐스트 그룹에 가입 요청하는 시점이 통신 단절 시간을 결정하게 된다. 최상의 경우는 멀티캐스트 그룹에 가입을 결정하자마자 IGMP 쿼리 메시지를 받아 그룹의 멤버로 가입하게 되는 것이다. 하지만 최악의 경우로 IGMP 쿼리 메시지가 지나간 직후에 멀티캐스트 그룹에 가입하고자 할 때도 있다. 이러한 유동성으로 인해 IGMP 쿼리 메시지를 어느 시점에 보내야 하는지는 결정하는 것이 불가능하다. 이동 단말의 경우에도 그룹에 가입 하는 시점은 응용 프로그램에 의해 결정된다.

원격 가입 지연 시간을 최소화하기 위해서는 <그림 4>에서와 같이 빠르게 리포트를 해야 한다. 이를 위해 그룹을 유지하기 위한 IGMP 리포트 메시지를 쿼리 메시지의 수신 없이 바로 FA에게 전송한다. FA가 이미 해당 멀티캐스트 그룹의 데이터를 수신하고 있다면 이 리포트 메시지는 무시되고 이동 단말은 멀티캐스트 데이터를 받을 수 있게 된다. 만약 FA가 해당 그룹의 멀티캐스트 인터페이스를 가지고 있지 않다면 이제 자신의 영역 내에 멤버가 있음을 알게 되고 DR에게 인터페이스를 요청한다. 그러면 DR은 바로 FA에게 해당 그룹의 멀티캐스트 데이터를 보내게 되고 이동 단말은 멀티캐스트 데이터를 수신하게 된다.

4. 실험 및 결과

구현은 RedHat Linux 9(Kernel 2.4.20)의 커널에서 구현되었다. 두대의 컴퓨터를 직접 연결하고 한대의 컴퓨터는 멀티캐스트 데이터 소스 및 라우터로 설정하고, 또 한대의 컴퓨터는 호스트로 설정하여 실험하였다. 호스트에서 멀티캐스트 그룹에 가입을 하는 시점부터 해당 그룹의 멀티캐스트 데이터를 처음으로 수신하는 시점까지의 시간 간격을 측정하였다. 실험 횟수는 수정되지 않은 IGMP와 수정된 IGMP 각각 5회씩 측정하였다.

	기존의 IGMP	수정된 IGMP
1 회	92.6	0.1
2 회	76.1	0.1
3 회	28.0	0.1
4 회	47.7	0.1
5 회	125.6	0.1
평균	74.0	0.1

표 1. 실험 결과 (단위 : 초)

<표 1>에서 나타난 바와 같이 수정되지 않은 IGMP를 사용했을 경우 평균 시간이 74.0 초 걸렸으며, 수정된 IGMP를 사용했을 경우 0.1 초의 시간이 걸렸다. 이는 IGMP 쿼리 메시지의 주기가 125 초라는 것을 생각한다면 예상에서 크게 벗어나지 않는 결과이다. 이러한 시간의 차이는 FA와 DR 사이에서도 비슷하게 생긴다. 그렇다면 실제로는 2분여 가까이 원격 가입 지연 시간을 줄일 수 있다.

특히 수정된 IGMP의 경우 가입이 완료될 때까지의 시간이 0.1 초 미만으로 매우 작다. 다른 트래픽의 방해가 없다는 것을 감안한다 하더라도 핸드오프가 일어나자마자 멀티캐스트 그룹 가입이 완료된다고 간주할 수 있다.

수정되지 않은 IGMP의 경우 데이터의 측정 편차가 28 초부터 125.6 초까지 매우 컸다. 이는 3장에서 서술한 바와 같이 라우터의 IGMP 쿼리를 얼마나 빨리 받느냐에 따라 달라진다. 그에 비해 수정된 IGMP에서는 단순히 가입 지연시간이 단축된 것만이 아니라 시간의 편차도 단축되었음을 알 수 있다. 이는 유저에게 그만큼 안정적인 서비스를 제공할 수 있음을 의미한다.

하나 더 고려해야 할 점은 리포트 메시지를 쿼리를 수신하자마자 바로 보내지 않고 기다린다는 것이다. 실제로 이동 단말은 IGMP 쿼리를 수신한 후에 0 내지 10 초 동안 기다렸다가 리포트를 한다. 이는 FA 내지는 라우터에 리포트 메시지가 몰리는 현상을 방지하기 위함이다. 본 논문에서는 이러한 백오프를 하지 않는다고 가정하고 실험하였다.[3]

5. 결론

본 논문은 기존 무선 멀티캐스트의 핸드오프 프로토콜의 성능 개선을 위해, 원격 가입 기법의 단점인 지연 시간을 최소화 시키는 기법을 연구, 구현 및 실험하였다. IGMP 쿼리 메시지를 기다리지 않고 바로 그룹 유지 리포트 메시지를 보냄으로써 멀티캐스트 그룹에 참가하는 시간을 단축시킬 수 있었다. 또한 이를 실제 리눅스 커널에 구현하고 실험해봄으로써 실제로 그룹에 참가하는 시간이 단축됨을 확인 하였다. 차후 이러한 경우에 있어서 리포트 메시지가 FA에게 집중되는 현상을 줄이기 위한 연구를 할 계획이다.

참고문헌

- [1] Cheng Lin Tan, Stephen Pink, Kin Mun Lye, "A Fast Handoff Scheme for Wireless Networks," Workshop on Wireless Mobile Multimedia '99, 1999.
- [2] H. Gossai, C. M. Cordeiro and D. P. Agrawal, "Multicast: Wired to Wireless," IEEE Communication Magazine, 2002.
- [3] W. Fenner, "Internet Group Management Protocol," Version 2, RFC 2236, 1997.
- [4] G. Xylomenos, and G. Polyzos, "IP Multicast For Mobile Hosts," IEEE Communication Magazine, vol.35, no. 1, pp. 54-58, 1997.
- [5] C. Bettstetter, A. Riedl, and G. GeBler, "Interoperation of Mobile IPv6 and Protocol Independent Multicast Dense Mode," Proc. Wksp, WL Net. Mob. Comp., 2000.
- [6] C. Lin, and K. Wang, "Mobile Multicast Support in IP Networks," Proc. Infocom 2000, vol. 3, pp. 1664-72, 2000.
- [7] Jiang Wu, Gerald Q. Maguire. Jr, "Agent Based Seamless IP Multicast Receiver Handover," Proc. of PWC 2000. (2000) 213-225