

IPv6에서의 이동 멀티캐스트

김태은*, 박진**, 이미정*

*이화여자대학교 컴퓨터학과

**한국전자통신연구원

e-mail : [*{loclo_lmj}@ewha.ac.kr](mailto:loclo_lmj@ewha.ac.kr), [**pj63450@etri.re.kr](mailto:pj63450@etri.re.kr)

Mobile Multicast in IPv6: 6MoM

Taeun Kim *, Jin Park**, Meejeong Lee*

*Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Woman's University

**Electronics & Telecommunications Research Institute

요 약

최근 인터넷 멀티미디어 트래픽 증가 및 IP 이동성에 대한 요구의 증가로 인하여 모바일 환경에서 효율적인 멀티미디어 서비스에 대한 필요성이 증가하고 있다. 이동 사용자에게 무선단말을 통해 인터넷 방송과 같은 멀티미디어를 제공하는 서비스는 차세대 네트워크에서 보다 일반적인 서비스 형태가 될 것이며, 이를 위해 무선 대역폭의 효율적인 활용을 위한 멀티캐스트 기술은 현재보다 활발히 사용될 것으로 예상된다. 이와 같은 점을 고려할 때 모바일 환경에서의 효율적인 멀티캐스트 프로토콜의 개발은 필수적인 요소이며 특히 방대한 멀티캐스트의 개념을 채택하고 있는 IPv6 환경에서 더욱 중요한 의미를 갖는다 할 것이다. 현재 IETF 에서 Mobile IPv4 와 IPv6 를 위해 두 가지 이동 멀티캐스팅 방법을 제시하고 있으나, 각 방식은 많은 개선의 여지를 보이고 있을 뿐 아니라 IPv6 의 멀티캐스트 개념을 적절히 반영하지 못하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 Mobile IPv6 환경에서 새로운 이동 멀티캐스트 스킴을 제안한다. 제안된 방법은 IETF 의 두 방식에 대한 단점을 보완함과 동시에 이동 호스트가 방문하는 포린 링크에 어떠한 추가적인 기능을 요구하지 않으며 MIPv6 설계 요구사항을 최대한 반영하므로 최소한의 수정만으로 구현 가능한 장점을 가진다.

1. 서론

최근 인터넷의 성장과 더불어, 멀티미디어 응용과 호스트의 이동성 지원에 대한 요구가 급격히 증가하고 있다. 멀티미디어 응용은 주로 1 대 N 혹은 N 대 N 의 통신 방식을 사용한 그룹통신, 오디오/비디오 스트림 전송 등을 포함하는 것으로, 효율적인 전송을 위해서는 멀티캐스트 기술이 적용될 수 있다. 그러나 멀티캐스트가 가지는 상태유지 부하로 인하여 현재까지 그 적용이 미비한 것이 현실이다. 그러나 멀티캐스트 기술은 차세대 3G 와 4G 네트워크 이동환경에서 이동 호스트에게 멀티미디어 서비스를 함에 있어서 무선자원의 효율적인 사용을 위해 보다 활발히 적용될 것으로 보인다.

IETF 는 모바일 멀티캐스트(Mobile Multicast)를 위해서 Mobile IPv4[1]와 Mobile IPv6[2]에서 RS(Remote Subscription)와 BT(Bi-directional Tunneling)를 제안하였다. RS 는 이동 호스트가 핸드오프 할 때 마다 해당 Foreign Link 에 위치한 멀티캐스트 라우터를 이

용하여 직접 멀티캐스트 그룹에 가입하고, 이를 통해 멀티캐스트 데이터를 직접 받는다. RS 는 비교적 간단하게 구현할 수 있으며 최적의 경로를 통한 데이터 전송이 이루어진다. 하지만 조인 지연(join delay)으로 인한 서비스 중단 현상(service disruption)이 자주 발생하며, Foreign Link 에서 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 지원되지 않으면 동작할 수 없다는 단점이 있다. 대부분의 망 사업자가 멀티캐스트 라우터를 갖추어 놓고도 서비스상의 이유로 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 실제 운영하지 않는 경우가 많은 현실을 감안하면 실제적인 서비스 가능 여부 면에서 심각한 문제를 가진다. BT 는 HA 가 이동중인 자신의 MH 의 위치를 파악하고 있다가 멀티캐스트 패킷을 수신하게 되면 MH 의 현재 위치로 패킷을 터널링 해주는 방법이다. BT 는 Mobile IP 를 사용해서 쉽게 구현할 수 있고 Foreign Link 에 멀티캐스트 라우터가 존재하지 않아도 동작이 가능하다는 장점이 있으나, 데이터가 항상 HA 를 통해 전달되기 때문에 우회 경로를 통한 전송이 일어나는 단점이 있다. 그리고 한 Foreign Link

내에 동일한 멀티캐스트 그룹에 속해 있지만 HA 가 서로 다른 복수의 MH 가 존재하는 경우 각 HA 로부터 같은 데이터가 중복 전송되는 문제가 있다.

본 논문에서는 IETF 의 두 방식에 대한 단점을 보완함과 동시에 이동 호스트가 방문하는 포인 링크에 어떠한 추가적인 기능을 요구하지 않아 MIPv6 설계 요구 사항을 최대한 반영할 수 있는 새로운 모바일 멀티캐스트 라우팅 스킴 6MoM 을 제안한다. 기존의 IPv4 에서 소개된 향상된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 [3,8,9]이 IPv6 에서 광범위해진 멀티캐스트 개념을 적절히 반영하지 못하고 있는데 반하여 6MoM 은 두 가지 Detection Procedure(MRD, PMD)를 통해 이를 가능하게 하였다.

2. 관련연구

MoM[3]에서는 BT 에서 일어나는 데이터 중복 전송문제를 Tunnel Convergence 문제라고 정의하였다. MoM 은 Tunnel Convergence 문제를 해결하기 위하여 DMSP(Designated Multicast Service Provider) 개념을 도입하여, FA 가 자신을 방문하고 있는 MH 들의 HA 들 중 하나를 DMSP 로 지정하고 DMSP 로 선택된 HA 만 이 패킷을 포워딩하도록 하여 문제를 개선하였다. Mobile IPv6 에서는 Mobile IPv4 와는 달리 FA 가 존재하지 않고 이동 호스트가 자동 주소 설정(Address Autoconfiguration)[4]에 의해 만들어진 CCoA(Collocated Care of Address)를 사용하기 때문에 터널의 끝이 FA 가 아니고 이동 호스트가 된다.

Mobile IPv4 에서 BT 를 사용하는 경우 동일한 멀티캐스트 패킷 여러 개가 FA 로 전달되는 Tunnel Convergence 문제가 존재한다. Mobile IPv6 에서 BT 를 사용하는 경우에는 터널링 된 패킷이 각 이동호스트에 의해 Decapsulation 된다. 때문에 Decapsulation 부하가 FA 가 아닌 이동 호스트 각각으로 분산된다. 하지만 링크 전체의 시점에서 보면 여전히 데이터가 중복되는 문제는 남아있게 된다. 우리는 Mobile IPv6 에서 BT 를 사용할 때 발생하는 이와 같은 문제를 Tunnel Convergence 문제와 구분하여 중복 터널 문제라 부른다. 중복 터널 문제가 발생하는 경우 MoM 에서의 방법과 같이 HA 중 하나를 DMSP 로 선택하여 데이터 전송을 요청하고 다른 HA 는 전송을 하지 않도록 하여 해결할 수 있을 것이다. 하지만 Mobile IPv6 에서는 FA 와 같은 요소가 없기 때문에 이를 담당할 개체를 찾아야만 한다. 우리는 이동호스트에 기반한 DMSP 선택 방법을 제시하고자 한다. DMSP 선택 방법은 3.4 에서 자세히 다룰 것이다.

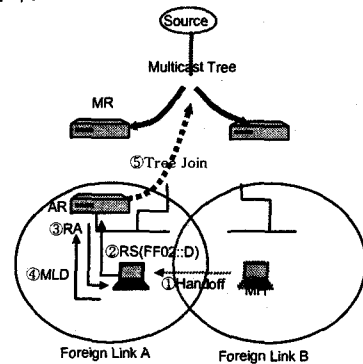
IPv6 에서는 멀티캐스트에 범위 개념이 도입되었으며 IPv4 에서의 IGMP[5]기능이 MLD[6]란 이름으로 ICMPv6 에 통합되었다. 그리고 IPv6 노드들은 ICMPv6 기능을 프로토콜 스택에 필수적 요소로 포함하도록 하고 있다. 이런 점에서 볼 때, Mobile IPv4 에 비해 Mobile IPv6 환경에서 RS 스킴 구현이 더욱 용이해 졌다고 할 수 있지만 여전히 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 보급 문제는 IPv6 라우터 보급과는 별개의 문제이므로 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 필수적으로 요구하는

RS 스킴만을 사용할 수 있을 때까지는 상당히 오랜 시간이 걸릴 것으로 예상된다.

3. 6MoM 프로토콜

3.1. MRD (Multicast Router Detection)

6MoM 의 모든 이동호스트는 새로운 Foreign Link 방문 하자마자(그림 2 ←) 우선 멀티캐스트 라우터의 존재 여부를 먼저 확인해야 한다. MRD 를 위해 이동 호스트는 ICMP Router Solicitation 메시지를 멀티캐스트 라우터들을 대상으로 링크 로컬 멀티캐스트 한다. 예를 들어 멀티캐스트 프로토콜로 PIM 을 사용하는 경우 그림 2 *와 같이 이미 PIM 멀티캐스트 라우터의 주소로 정해져 있는 FF02::D 를 목적지 주소로 하여 Router Solicitation 메시지를 보낸다. 만약 이 결과 Router Advertisement(그림 2 +)를 받을 수 있다면, 현재 링크에 멀티캐스트 라우터가 있다는 것이므로 이동 호스트는 발견된 멀티캐스트 라우터에게 MLD REPORT 메시지를 보내 멀티캐스트 그룹으로의 가입을 시도한다(그림 2 †). 이 경우 AR 은 멀티캐스트 라우터이기 때문에 MLD REPORT 를 통해 멀티캐스트 멤버가 수신을 원하고 있다는 것을 알게 되고 그림 2 ●와 같이 멀티캐스트 트리에 조인 메시지를 보내 멀티캐스트 패킷 수신이 가능하도록 한다. 만약 이동 호스트가 Router Solicitation 메시지를 보내고 난 후에도 일정시간 동안 멀티캐스트 라우터로부터 Router Advertisement 를 받지 못하는 경우, 이동 호스트는 해당 Foreign Link 에 멀티캐스트 라우터가 존재하지 않는 것으로 간주하고, BT 를 이용하여 멀티캐스트 전송이 계속되도록 한다.

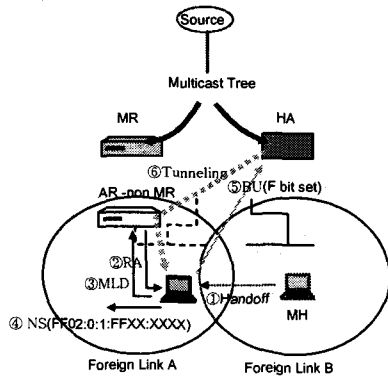


[그림 1] MRD (Multicast Router Detection)

3.2. PMD (Previous Member Detection)

MRD 결과 새로운 foreign link 에 멀티캐스트 라우터가 없다고 판단되는 경우 BT 를 시도한다. BT 를 사용할 때는 둘 이상의 멀티캐스트 멤버가 존재하는 경우 중복 터널 문제가 발생하기 때문에 이를 피하기 위해 DMSP 선택 알고리즘을 수행하여 DSMP 를 선택해야 한다. 그러므로 BT 방법을 수행할 때는 PMD 를 수행하여 기존 멀티캐스트 멤버의 존재여부를 파악한다. IPv6 에는 몇몇 멀티캐스트 주소들은 특별한 기능을 위해 미리 지정해두었다. 링크 로컬 범위의 멀티캐스트 주

소 중 하나로 특정 주소에 해당하는 노드를 찾기 위해 만들어진 Solicited Node address 가 있다. 이 주소는 FF02:0:0:0:1:FFXX:XXXX 로 표기할 수 있는데 X 부분에는 Interface ID 의 하위 24bit 를 넣어 사용한다. 이 주소는 주로 Address Autoconfiguration 을 통해 만들어진 주소의 중복을 확인하기 위한 과정인 DAD(Duplicated Address Detection) 에서 쓰이는 것으로 6MoM 에서는 Interface ID 대신에 Group ID 를 넣어 현재 링크에 동일한 멀티캐스트 그룹에 속한 멤버가 있는지를 확인하는데 사용하도록 한다. 이동호스트는 이렇게 만들어진 주소로 Neighbor Solicitation 을 보내고, 만약 해당 멀티캐스트 그룹에 속한 멤버가 있어서 Neighbor Solicitation 을 받게 되면 Neighbor Advertisement 를 보내 자신의 존재여부를 알리게 된다.



[그림 2] PMD (Previous Member Detection)

Type	Length	Reserved
Handoff Time Stamp		Distance to HA
Subscribing Multicast Group Address		
My Home Agent Address		

[그림 3] Multicast Option

PMD 과정에서는 동일한 멀티캐스트 그룹에 속하는 멤버를 찾는 작업과 더불어 DSMP 선택 알고리즘에 필요한 정보를 제공하는 작업을 함께 수행한다. DSMP 선택에 필요한 정보를 따로 보낼 수도 있지만 보다 효율적으로 무선 대역폭을 사용하기 위해 PMD 과정에서 쓰이는 Neighbor Solicitation 에 Piggy-backing 하여 전달한다. 이를 위해서 우리는 Multicast Option 을 다음 그림 3 에서와 같이 새로 정의하여 사용하였다.

3.3. 6MoM 에서의 Binding Update

6MoM 에서의 중복 터널 문제를 해결하고 보다 효율적으로 무선 대역폭을 사용하기 위해 BU(Binding Update)에 forwarding bit 와 Access Router Address Option 을 추가하였다.

□ Forwarding bit

중복 터널 문제가 발생하는 AR 이전 유선 대역폭 낭비를 막기 위해 이동호스트는 BU 시 HA 에게 Fbit 을 통한 옵션을 제공한다. HA 는 Fbit 가 설정된 BU 를 수신할 경우 반드시 패킷 전송을 수행해야 하지만, F bit 이 0 으로 설정된 경우 이동 호스트에게 포워드 하지 않을 수 있다.

□ Access Router Address Option

무선상의 중복 전송을 피해 멀티캐스트를 수행하기 위해 BU 에 추가된 옵션이다. Access Router Address Option 을 수신한 HA 는 해당 AR 의 주소를 인식하고, 패킷을 터널링 할 때 터널 패킷의 외곽 목적지 주소로 AR 를 설정한다. 패킷이 AR 에 도착하면 AR 은 자신의 패킷을 디캡슐화 한 후 추출된 멀티캐스트 주소를 MLD 로 관리되는 자신의 링크상에 링크레벨 멀티캐스트 한다.

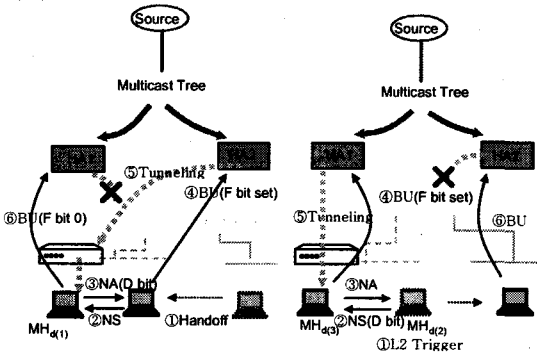
이동호스트가 MRD 에 실패해서 BT 를 수행해야 하는 경우 이동호스트는 PMD 를 수행하게 되고 만약 PMD 결과 현재 링크에 자신이 속한 멀티캐스트 멤버가 없다고 판단되는 경우 스스로 자신의 HA 를 DMSP 로 선택하고 Access Router Address Option 에 자신의 AR 의 주소를 쓰고 Forwarding bit 를 1 로 해서 Binding Update 를 보낸다. 이런 Binding Update 를 받은 이동호스트의 HA, 즉 DMSP 는 멀티캐스트 패킷을 받으면 AR 의 주소를 목적지 주소로 Encapsulation 해서 보내게 된다. AR 이 받은 패킷을 Decapsulation 해서 내부에 멀티캐스트 패킷을 발견하게 되면 이 멀티캐스트 패킷을 2 계층 멀티캐스트를 통해 자신의 로컬랜으로 전송한다. PMD 결과 해당 링크에 다른 멀티캐스트 멤버가 존재하는 경우, DMSP 선택을 담당하고 있는 이동호스트가 PMD 과정에서 받게 되는 Multicast option 정보를 토대로 DMSP 선택 알고리즘을 수행하게 된다. 이 결과 DMSP 선택 이동호스트로 지정되는 경우 자신의 HA 에게 Forwarding bit 를 1 로 설정하여 Binding Update 를 보내서 멀티캐스트 패킷 전송이 가능하도록 한다. 반면, 이전에 DSMP 선택 이동호스트였던 이동호스트는 Forwarding bit 를 0 으로 설정해서 Binding Update 를 보내 더 이상 멀티캐스트 패킷을 수신을 받지 않도록 해야 한다.

3.4. DSMP 선택 방법

우선 DSMP 를 새로 선택해야 하는 경우는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째는, 새로운 이동호스트가 추가되어 DSMP 선택에 필요한 정보가 추가되어 더 나은 DSMP 후보가 생기는 경우이다. 그리고 둘째는 현재 자신의 HA 가 DSMP 역할을 담당하고 있고 그래서 자신이 DSMP 선택을 수행하고 있던 이동호스트(MHd)가 현재 링크로부터 이동해 나가는 경우이다. 모든 이동호스트는 현재 링크로 이동한 후부터 새로 들어오는 이동호스트들의 Multicast option 을 수집하여 DSMP 선택에 필요한 정보를 담은 테이블을 가진다. 각 이동호스트가 이동할 때는 정보의 정확도를 위해 테이블에서 자신의 정보를 삭제해야 한다. 그러므로 이동호스트는 핸드오프 하기 전에 자신의 정보

를 테이블에서 삭제해야 한다는 사실을 다른 이동 호스트들에게 전달해야 한다. 이를 가능하게 하기 위해서 우리는 L2 트리거를 사용한다. L2 트리거는 Fast Handoff 를 하기 위해 2 계층에서 이동사실을 감지하여 3 계층에게 미리 이동사실을 알려주는 방법이다. L2 트리거를 통해 자신이 곧 다른 곳으로 이동할 것을 알게 되면 자신의 HA 주소가 현재 Mhd의 DMSP 후보 엔트리에서 지워질 수 있도록 한다. 만약 DMSP 재선택이 일어나는 경우, Mhd는 자신의 알고리즘에 의해 지정된 다음 이동 호스트에게 D bit 를 설정한 Neighbor Solicitation 을 전달함으로써 Mhd 를 지정한다.

6MoM에서는 Oldest MH 를 기본 DMSP 선택 알고리즘으로 사용한다. 이는 이동호스트가 Foreign link 에서 보낸 시간 정보를 기반으로 하는 DMSP 선택 알고리즘이다. MoM 과는 다르게 6MoM 은 FA 대신 이동호스트가 DMSP 선택을 수행하게 되므로 MoM 에서 제안된 각 알고리즘은 6MoM 에서는 다른 성능을 보인다. 무엇보다도 Oldest MH 를 기본으로 사용하는 이유는 Mhd 가 이동해 나갈 때 새로운 Mhd 를 선택해야 하는 경우 자신 이후로 이동 해온 이동 호스트들에 대한 정보를 유지할 수 있기 때문이다. 따라서 다음으로 가장 오랫동안 머물러 있는 이동 호스트를 Mhd 로 선택하기 용이하다.



[그림 5] DMSP 재선택 과정

그림 5 에서 새로 이동해온 이동호스트(MH)는 PMD 과정에서 Multicast Option 을 포함한 Neighbor Solicitation 을 통해 자신의 정보를 다른 멀티캐스트 멤버인 이동 호스트들에게 알린다(그림 5 *). 현재 링크에 이전 그룹멤버가 존재하는 경우 Neighbor Advertisement 로 응답한다. Mhd는 자신 이후로 이동해온 이동 호스트들이 보낸 Multicast Option 을 통해 각각의 HA address 와 이동 시점을 저장해 둔다. 시간 정보를 기반으로 하는 DSMP 선택 알고리즘은 현재 링크에 가장 오랫동안 머무른 이동호스트의 HA 가 가장 유력한 DMSP 후보가 되는 방법이다. 그러므로 Mhd 가 이동할 때만 DMSP 재선택이 일어난다. Mhd(1)가 이동해 나갈 때는 아직 Foreign Link 에 남아 있는 MH 중 자신 이외의 가장 오랫동안 머무르고 있는 MH 를 다음 Mhd(2)로 선택한다. 다음 Mhd 지정을 위해 Mhd(1)는

Mhd(2)를 목적지로 하고 D bit 를 1 로 설정한 Neighbor Advertisement 메시지를 전송한다(그림 5 +). Mhd(2)는 자신이 도착한 이후에 도착한 MH 들에 대한 정보는 모두 알고 있으므로, 자신이 이동해야 할 경우 이 정보를 기반으로 Mhd(3)을 지정할 수 있다.

Mhd는 DMSP 선택에 있어서 Count Based 나 Proximity Based 알고리즘을 사용할 수 있다. Count Based 알고리즘을 위해 Mhd는 HA 주소 별로 자신보다 이후에 들어온 MH 들을 세는 카운터를 두어 이 정보를 기반으로 Mhd 가 이동해 나갈 때, 해당 Foreign Link 에서 가장 많은 MH 를 가지는 HA 를 DMSP 로 선택하게 하여 구현할 수 있다. Proximity Based 알고리즘을 사용하기 위해서는 MH 가 자신과 HA 간 홉 거리를 Home Address Option 의 Hop Count 필드에 넣어 Mhd 에 제공하도록 하면 된다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 Mobile IPv6 환경에서 효율적인 멀티캐스트를 제공하기 위한 프로토콜로 6MoM 을 제안하였다. 6MoM 은 MRD 를 통해 RS 와 BT 를 필요에 의해 선택적으로 사용할 수 있다. 따라서, RS 와 같이 멀티캐스트 라우터의 부재로 인한 서비스 단절 문제는 더 이상 발생하지 않는다. 또한 PMD 를 통해 BT 의 중복 터널 문제를 호스트간의 합의에 의한 DMSP 선택으로 극복하였다. 6MoM 은 포린 링크에 어떠한 추가적인 기능 없이도 이동 호스트가 Access 할 수 있어야 한다는 IPv6 의 설계 요구사항을 만족시킴으로써 최소한의 수정만으로 구현할 수 있다. 향후 6MoM 은 Mob iWan[7] NS2 MIPv6 확장 코드를 통해서 성능평가가 진행 될 예정이다.

참고문헌

[1]C. Perkins. IP Mobility Support for IPv4. *RFC 3220*. Jan. 2002
 [2]D. B. Johnson and C. E. Perkins. Mobility Support in IPv6. Internet Draft, draf-ietf-mobileip-ipv6-20.txt, Jan. 2003
 [3]A G. Harrison, C. L. Williamson, W. L. Mackrell, and R. B. Bunt, "Mobile Multicast (MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts," in *Proc. IEEE MOBICOM97*, pp. 151-160, Sept. 1997
 [4]S. Thomson and T. Narten. IPv6 stateless address autoconfiguration, *RFC 2462*, Dec. 1998
 [5]W. Fenner. Internet Group Management Protocol. *RFC 236*, 1997
 [6]S. Deering, W. Fenner, and B. Haberman. Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6. *RFC 2710*. Oct. 1999
 [7]Thierry Ernst, et al, *MobiWan: A NS-2.1b6 simulation platform for Mobile IPv6 in Wide Area Network*.
 [8]Carey L. Williamson, Tim G. Harrison, et al, Performance evaluation of the MoM mobile multicast protocol
 [9]Chunhung Richard Lin, Kai-Min Wang, "Mobile Multicast Support in IP Network", *INFOCOM 2000 Vol.3*, pp.1664 - 1672.
 [10]Jin Park, Youngju Suh, "Timer-based Mobile Multicast Routing Protocol for Mobile Networks, *Computer Communications*, 2003, page ???-???