

인터넷에서 이동 호스트의 핸드오버에 따른 멀티캐스트 경로 재설정

*김용수, **장경성, 김병기

*전남과학대학 정보통신과, **초당대학교 정보통신공학과, 전남대학교 전산학과
ysookim@mail.chunnam-c.ac.kr

Multicast Rerouting according to Mobile Host Handover in Internet

*Kim yong-soo, **Jang kyung-sung, Kim byung-ki

*Dept. of Inform. & Telecom., Chunnam Techno College

**Dept. of Inform. & Telecom., Chodang University

Dept. of Computer Science, Chonnam national University

요약

인터넷에서 멀티캐스트 그룹 통신을 하고 있는 이동 호스트가 접속지점을 수시로 바꿈에 따라 지속적인 멀티캐스트 응용에 참여하기 위해서는 이웃하는 멀티캐스트 라우터를 찾아내어 연결을 유지시켜야 한다. 기존 연구들은 주로 멀티캐스트를 지원하는 환경에서만 고려된 것들이다. 그러나 오늘날 대부분 라우터들은 멀티캐스트 서비스를 지원하지 않으며, 기존 연구들에서는 이를 터널링으로 해결하였다. 그런데 터널링은 경로 최적화 문제를 안고 있으며, 호스트 이동성의 본질적인 특성인 투명한 라우팅과 최적의 경로설정에 위배되는 문제점을 안고 있다. 본 논문은 멀티캐스트 기능을 지원하지 않는 망에서도 이동 호스트에게 멀티캐스트 응용 서비스를 제공할 수 있는 MRM-IP 방법을 제안한다. 이 방법은 이동 호스트가 인터넷에서 멀티캐스트 라우터가 장착되지 않는 망으로 이동했을 때, 중단 호스트와의 최적 경로를 이루는 최하단 멀티캐스트 라우터를 찾아 그룹 멤버로 원격가입 함으로써, 유니캐스트 한다. 이는 IETF의 양방향 터널링과 원격가입의 장점을 이용한 것으로, 경로 최적화 문제를 해결하여 망에서 트래픽 지연을 줄일 수 있다.

1. 서론

최근 들어, 이동 컴퓨팅의 사용 증가로 이를 지원하기 위한 연구가 IETF(Internet Engineering Task Force)를 중심으로 이루어져, Mobile-IP[1,2]가 제시되었다. 또한, 무선 통신 기술이 발달하여 인터넷의 연결 형태에 많은 영향을 끼치고 있다. 한편, IP 멀티캐스트는 다자간 그룹 통신 서비스를 제공하기 위한 메커니즘으로, IGMP(Internet Group Management Protocol)[3], DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)[4]을 기반으로 MBone(Multicast bakBone)을 형성하여 오래 전부터 그 성능을 실험하고 있는 중이다.

최근에는 인터넷의 그룹 응용에서 호스트의 이동

성을 동시에 지원하려는 시도가 있었다. IP 멀티캐스팅은 위치와 무관한 주소체계를 갖고 멀티캐스트 그룹에 속하는 호스트 그룹에 패킷을 전달하는 메커니즘인 반면, 호스트 이동성은 위치와 무관한 주소체계, 주소 변환, 패킷 포워딩, 이동 호스트(Mobile Host, MH)의 위치관리 등의 유사한 이슈들을 포함함으로써, 이들의 공통된 문제점을 해결하면 망 자원을 효율적으로 사용할 수 있기 때문이다.

그러나, 망 경로와 자원 위치를 동적으로 설정한다는 것이 결코 쉬운 문제는 아니다. 게다가 멀티캐스트 환경에서 MH들이 상위 계층의 응용 서비스를 수행하는 도중에 망 주소가 바뀌면, 일정기간 동안 수행을 멈추고 멀티캐스트 트리를 재구성한 후 재개

할 수밖에 없다. MH들이 링크계층의 연결성을 갖기 때문이다. 지금까지 관련 연구들로는 IETF의 원격 가입과 양방향 터널링[5], Acharya의 Mobile IP Multicast Extension[6], 그리고 MoM[7] 등이 있다. 원격가입을 제외하고는 호스트가 멀티캐스트를 지원하지 않는 서브넷으로 이동한 경우 터널링으로 데이터그램을 전달하는 방법들이다. 그러나 터널링이 갖는 속성은 경로 최적화를 이루지 못하기 때문에, MH가 자주 이동하거나 장거리 이동할 때 세션을 장시간 유지하는 멀티캐스트 특성에는 부적합하다.

이러한 문제점을 해결하기 위해, 본 논문에서는 Mobile-IP를 이용한 멀티캐스트 경로 재설정 방법을 제안한다. 이 방법은 MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 서브넷으로 이동했을 때, FA는 종단 MH와의 최적 경로를 이루는 경로 재설정 라우터(또는 최하단 멀티캐스트 라우터라 부름)를 찾아 이전 세션에 참여한 호스트 그룹에 가입한다. 결국 선택된 FA는 경로 재설정 위치를 신속히 찾고, 재설정 위치까지 최단 거리를 유지하며, 설정된 경로는 최적의 경로가 될 수 있으므로, 다양한 멀티캐스트 응용에 이용할 수 있다.

2장에서는 새로 제시한 메커니즘을 설명하기 위한 Mobile IP 멀티캐스트 모델 예를 설명하고, 3장에서는 MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 서브넷으로 이동한 경우, 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터를 찾아 원격 가입하는 메커니즘을 설명한다. 4장에서는 제안된 메커니즘을 분석·평가하고, 마지막으로 결론을 맺는다

2. Mobile IP 멀티캐스트 모델

이동 컴퓨팅 환경에 멀티캐스트 기능을 추가하는 것은 이동 컴퓨팅의 논리적인 진보의 한 형태로 볼 수 있지만, 이를 위해서는 투명한 라우팅과 경로 최적화의 이동성 특성과 멀티캐스트의 고유한 특성을 고려한 새로운 시스템 모델을 구성할 필요가 있다. 본 논문에서 사용한 용어들은 IETF의 정의에 따른다. 즉, MH는 인터넷을 통해 망을 이동할 수 있는 호스트이고, CH(Correspondent Host)는 MH와 통신하는 임의의 호스트이다. MH의 IP 주소에서 망 성분에 해당하는 망 식별자를 MH의 HN(Home Network), 그리고 MH가 방문한 망을 FN(Foreign Network)라 한다.

MH는 망 인터페이스를 통해 망 연결 상태를 유

지하면서 그 위치가 변화하는 호스트이다. 즉, 어떤 호스트가 HA가 아닌 다른 에이전트에 현재 접속하고 있다면 그 에이전트는 해당 호스트를 방문자로 등록한다. 에이전트는 자신을 HA로 지정했으면서 현재 자신의 서비스 영역을 벗어난 MH와 방문자로 등록된 호스트들에 관한 주소 정보를 유지함으로써 호스트의 이동성을 보조한다.

이동성 지원 에이전트는 고정 망과 무선 망 사이에 위치하여 두 망의 전송 속도나 전송 방식 등 상이한 특성을 변환, 상호 연결시키는 기반 호스트 역할을 하고, 호스트 이동성에 따른 제반 문제를 다룬다. 보통 HN에 있는 에이전트를 HA(Home Agent) 그리고 FN에 있는 에이전트를 FA(Foreign Agent)라 한다. 또한, 에이전트는 인터넷에서 멀티캐스트 서비스를 위한 동적 그룹 멤버 관리, 멀티캐스트 데이터그램의 라우팅 등의 멀티캐스트 서비스를 지원한다. 한편, 이동성은 지원하지 않지만, 멀티캐스트 서비스를 지원하지 않는 라우터(비록 멀티캐스트 기능을 제공할 수 있지만 멀티캐스트 데몬이 동작되지 않는 라우터를 포함)가 있는데, 이를 비 멀티캐스트 라우터라 부르고 오늘날 대부분 라우터가 여기에 속한다고 가정한다.

셀(Cell)은 하나의 에이전트에 의해 무선으로 서비스되는 논리적 또는 지역적인 영역을 말한다. 그림1에서 HN이나 FN이 이에 속한다. 임의의 시점에서 MH는 논리적으로 하나의 셀에 속하게 된다.

그림1은 제안 모델 스킴의 한 예를 보인다. 즉, 통신하고 있는 동안, MH의 위치는 바뀔 수 있고, 파트너인 CH는 자신의 영역에 그대로 머물러 있다. IETF의 터널링에서 MH로부터 나온 데이터그램은 FA에서 CH에 직접 전달되나, CH에서 MH까지의 데이터그램은 먼저 HA를 경유하여 FA에 전달된다.

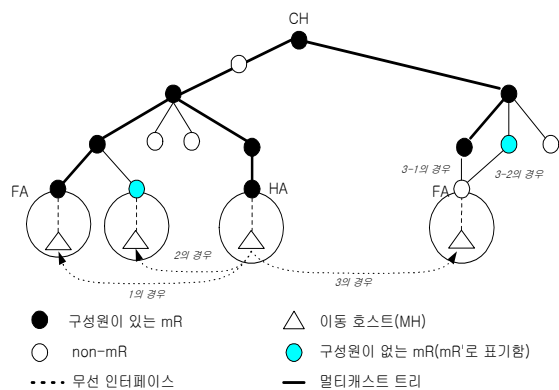


그림1. 제안 모델 스킴의 예

3. 멀티캐스트 서비스를 위한 경로 재설정

제안 방법은 멀티캐스트 서비스를 받고 있는 MH가 다른 서브넷으로 이동한 경우, FA와 가장 근접한 경로 재설정 라우터를 찾아 멀티캐스트 그룹에 가입한다. 본 논문에서는 이를 Mobile-IP를 이용한 멀티캐스트 경로 재설정(Multicast Rerouting using Mobile IP, 이하 MRM-IP)이라 부른다. 제안 방법은, DVMRP를 기본적으로 사용한다고 가정하고, 송신자의 이동은 고려하지 않는다.

3.1 경로 재설정

멀티캐스트 세션에 참여하고 있던 MH가 다른 서브넷으로 이동하면, 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터가 선택되어야 한다. 선택된 라우터는 Mobile IP의 HA, FA 기능을 수행하며, 자신의 서브넷에 부착되어 있는 MH가 서비스를 수행하고자 할 때 호출된다. 경로 설정을 돕기 위해, 모든 라우터는 유니캐스트 라우팅 테이블과 멀티캐스트 라우팅 테이블을 각각 가지고 있다. 유니캐스트 라우팅 테이블은 임의의 목적지 주소에 따라 최단 경로로 결정되는 방향의 인접 라우터 주소를 가지고 있고, 멀티캐스트 라우팅 테이블에는 그룹의 송신원들과 송신원 하나에 참여할 멀티캐스트 그룹과 상·하위 인터페이스 정보를 가지고 있다.

3.1.1 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터 탐색

FA가 멀티캐스트 라우터가 아닐 때, 다음과 같은 방법으로 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터를 찾는다.

첫째, MH는 링크계층 인터페이스를 통해 FA에게 참여하고 있는 멀티캐스트 주소와 함께 자신을 알린다. 여기서 경로 재설정과 관련된 망 계층의 모듈은 IP, ICMP, 그리고 IGMP 등이 있다. IP는 유니캐스트 패킷 라우팅에 사용되고, IGMP는 멀티캐스트에서 원격으로 멀티캐스트 그룹에 가입할 때, 그리고 ICMP는 멀티캐스트 라우터를 탐색할 때 이용되는 제어 메시지이다.

둘째, MH는 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터를 찾기 위해, 멀티캐스트 데이터그램의 근원지를 IP 헤더의 목적지로 하여 멀티캐스트 라우터 확인 ICMP

메시지를 생성·전송한다.

셋째, 이 메시지를 수신한 중간 라우터들은 사용하고 있는 데몬 프로그램에 따라 그림2의 알고리즘을 실행하여 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터를 선택한다.

```
// 수정 mrouted를 통하여 ICMP 메시지를 수행함
//
// 1. MH는 멀티캐스트 라우터 확인 메시지를 생성한다
//
IP 헤더의 목적지 ← 멀티캐스트 데이터그램 근원지 주소
메시지의 “자신의 IP 주소” 필드 ← MH의 보호주소
메시지의 “멀티캐스트 주소” 필드 ← 세션에 참여하고 있는 그룹 주소
//
// 2. 멀티캐스트 데이터그램 근원지를 향해 전송한다
//
// 3. 중간 라우터의 unicast routed는 ICMP를 단순히 gateway함
//
while(ICMP 메시지를 수신한 router == unicast router)
{
멀티캐스트 데이터그램의 근원지를 목적지로 하는 다음 라우터로
메시지를 전송
}
// 4. mrouted(멀티캐스트 데몬)가 동작하는 경우로 포워딩 테이블에
// 참여하고자 하는 그룹 주소 유무에 따라 재설정 위치 선택 방법이
// 다르다
//
if(가입하고자 하는 멀티캐스트 그룹 주소가 포워딩 테이블에 있다)
{
자신을 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터로 선정한다
}
else
{
IGMP 모듈을 동작시켜 그룹에 가입(join & graft)한 후,
최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터로 선택한다
}
// 5. 멀티캐스트 라우터 확인 ICMP 메시지에 마킹하여 MH에 리턴
//
메시지의 “확인” 필드 ← 응답(1),
메시지의 “멀티캐스트 주소” 필드 ← 라우터 “자신의 IP 주소”
//
```

그림2. 경로 재설정 라우터 탐색 알고리즘(I)

3.1.2 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터의 포워딩 테이블 갱신

앞의 탐색 알고리즘에 따라 IGMP의 join/prune 메시지를 포함한 모든 데이터그램은 FA에서 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터까지 혹은 그 역경로로 터널이 형성되어 송·수신된다. 이것이 가능하기 위해서는, 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터의 포

워딩 테이블에 MH와 연결되는 새로운 입·출력 인터페이스가 지정되어야 한다. 멀티캐스트 라우터 확인 메시지가 도착된 경로는 유니캐스트 경로이기 때문에 그러한 인터페이스를 멀티캐스트로 변경할 필요가 있다. 따라서 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터의 포워딩 테이블의 해당 엔트리의 출력 인터페이스를 강제적으로 멀티캐스트 라우터 확인 메시지가 도착한 경로 인터페이스로 변경시킨다.

3.2 멀티캐스트 라우터 확인 ICMP 메시지

멀티캐스트 라우터 확인 메시지는 FA에서 인접한 멀티캐스트 라우터를 찾기 위한 제어 메시지로, 기존 ICMP에 새로 추가되어야 한다. 다른 ICMP 메시지와 동일하게 IP 데이터그램의 데이터부분에 포함되어 인터넷을 통해 운반된다. 그림3은 멀티캐스트 라우터 확인 메시지 형식이다.

유형(type)은 기존의 ICMP 메시지 유형 필드에 없는 새로운 값(88)을 멀티캐스트 라우터 확인 메시지의 의미로 부여한다. 코드는 요청(0)인지 응답(1)인지를 나타낸다. 자신의 IP 주소는 FA의 주소이고, 멀티캐스트 주소는 MH가 세션에 참가하고 있거나 탈퇴를 원하는 멀티캐스트 그룹 주소이며, mrouter가 응답 메시지로 사용할 때 멀티캐스트 주소 필드는 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터의 IP 주소로 지정된다.

0 8 16 31

type(88)	code(0-1)	checksum
자신의 IP 주소		
멀티캐스트 주소		

그림3. 멀티캐스트 라우터 확인 메시지 형식

3.3 멀티캐스트 데이터그램의 수신

앞의 알고리즘에 따라 최단 거리에 위치한 멀티캐스트 라우터가 선택된 후, 라우터의 포워딩 테이블의 입·출력 포트가 갱신되고 나면, 이 라우터는 데이터그램을 캡슐화하여 FA에 유니캐스트한다. 그리고 FA는 링크 계층의 인터페이스를 이용하여 MH에 포인트 투 포인트(Point-to-Point)로 전달한다.

4. 제안 기법의 성능 평가 분석

본 논문에서는 송신자의 이동은 고려하지 않으며, 수신자의 이동에 대해서만 성능을 평가한다. 그리고, 이동 멀티캐스트 환경에서 MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 망으로 이동한 경우 터널링을 이용한다. 본 논문에서는 IETF의 양방향 터널링을 비교 대상으로 하여 성능을 분석한다(그림 4).

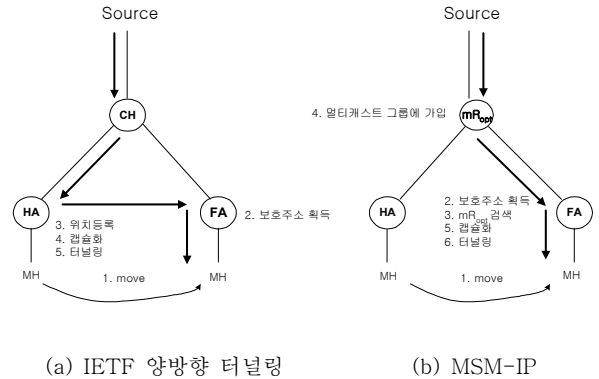


그림 4. 경로 재설정 방법에 따른 경로

멀티캐스트 경로 설정과 관련된 성능 매개변수로는 종단간 지연, 연결복구 시간, 멀티캐스트 트리 변경 시간, 구현의 복잡도, 트래픽 집중 여부, 네트워크 자원의 효율성 등 여러 가지가 있을 수 있지만, 논문에서는 터널링 거리에 따른 매개변수만으로 성능을 분석한다. 터널링 거리란 HA와 FA사이의 경로 길이로 터널링을 통한 지연을 말한다.

패킷 길이와 링크간 지연은 일정하다고 가정하고, 다음과 같이 구성 요소를 정의한다.

d_{addr}	: 보호주소를 획득하는데 소요되는 지연
d_{reg}	: MH 위치를 등록하는데 걸리는 지연
d_{cap}	: 캡슐화하는데 소요되는 지연
d_{search}	: 최하단 멀티캐스트 라우터를 탐색하는데 소요되는 지연
d_{join}	: 멀티캐스트 그룹에 가입하는데 소요되는 지연
d_{tunnel}	: 터널링 관련 지연

터널링 지연은 분기가 일어나는 노드에서부터 종단 라우터까지의 흡수와 각 흡당 처리 지연의 곱으로 계산된다. 다음은 두 방법의 평균 터널링 지연을 나타내는 수식이다(a : Bidirectional tunnel, b : MSM-IP).

$$D(a) = d_{addr} + d_{reg} + d_{cap} + d_{tunnelB} \text{ ---- (1)}$$

$$D(b) = d_{addr} + d_{search} + d_{join} + d_{cap} + d_{tunnelM} \text{ ---- (2)}$$

$$D(b) - D(a) = (d_{search} + d_{join} + d_{tunnelM}) - (d_{reg} + D_{tunnelB}) \quad (3)$$

식(3)은 MSM-IP의 지연에서 양방향 터널링의 지연의 차이를 나타내고 있다. 이것은 최하단 멀티캐스트 라우터를 찾는 비용과 터널링 비용이 지연을 결정하는 중요한 요소이고, MH가 HA로부터 자주 이동하여 홉 계수가 증가되는 경우 지연 차이의 감소가 현저함을 알 수 있다. 따라서, 두 방법의 성능을 비교하여 분리 적용하는 것이 네트워크의 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 예측된다. 이에 대한 시뮬레이션이 계속 진행중이며, 결과는 추후 발표하겠다. <표 1>는 IETF의 양방향 터널링과 제안 방법의 특징을 비교한 것이다.

	IETF 양방향 터널링	MRM-IP
어드레싱	홉주소, 보호주소 사용 HA에서의 캡슐화가 필요	홉주소, 보호주소 사용 mR _{opt} 에서 캡슐화 필요
패킷포워딩	삼각라우팅(HA↔FA) 전달	향상된 원격가입(mR _{opt} ↔FA) 사용
터널링특성	시작 위치 : HA 거리 : HA ↔ FA 이동의 빈도가 높을 때, ⇒ 최적화를 이루지 못함 ⇒ 대역폭 낭비	시작 위치 : 항상 mR _{opt} 거리 : mR _{opt} ↔ FA 이동의 빈도가 높을 때 ⇒ 최적화를 이룸 ⇒ 효율적 대역폭 사용
기타	MH의 위치 변화 반응이 HA에서 인식 한 후에 일어남	mR _{opt} 를 찾는 프로세싱이 부가적으로 필요

<표 1> IETF의 터널링과 MSM-IP 기능 비교

5. 결론

이동성을 가지는 통신망의 발달과 멀티미디어에 대한 사용자의 요구는 통신 서비스 제공자들에게 많은 기능의 증대를 요구한다. 이에 따라 IETF에서는 Mobile IP와 Mobile IP 멀티캐스트를 제시하였으며, Mbone등을 통해 그룹 통신을 해결하기 위한 실험이 지속적으로 진행되고 있다. 또한, 이동성과 그룹 통신을 동시에 활용하는 메커니즘에 대한 연구가 있었다.

특히, 멀티캐스트 라우터가 존재하지 않는 망에서의 경로 재설정 방법은 HA를 위주로 멀티캐스트 트리를 설정하고, MH가 이동하더라도 항상 HA가 중계하는 형태를 취한다. 이러한 방법들은 기존의 프로토콜을 그대로 수용하는 등 호환성 측면에 많은 장점이 있지만, 경로상의 비효율성이 문제된다.

따라서 본 논문은 MRM-IP 모델을 제안했다. 이 기법은 MH가 멀티캐스트를 지원하지 않는 망으로

이동했을 때, FA에서 최하단 멀티캐스트 라우터를 단순한 방법으로 찾아 그곳에 원격가입 한다. 분석 결과 협의의 이동에서는 IETF의 양방향 터널링이 광의의 이동에서는 제안 방법이 우수함을 알 수 있었다. 보다 더 정확한 결과를 유출하기 위해, 버클리대학에서 만든 망 시뮬레이터인 ns를 이용하여 실험하고 있는 중이다.

참고문헌

- [1] C. Perkins, IP mobility support, IETF RFC 2002, IBM corp, October 1996.
- [2] C. Perkins, Mobile IP, IEEE Communication Magazine, 1997.
- [3] S. Deering, Host Extensions for IP Multicasting, RFC 1112, August 1989.
- [4] D. Waitzman, C. Partridge, and S. Deering, Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC 1075, BBN STC and Stanford University, November 1988
- [5] C. Perkins, IP mobility support, IETF RFC 2002, IBM corp, October 1996.
- [6] A. Acharya, A. Bakre, and B. R. Badrinath, IP Multicast Extensions for Mobile Internetworking, Proc. of the IEEE infocom 96, San Francisco, CA, pp. 67-74, 1996.
- [7] G. Xylomenos and G. C. Polyzos, IP Multicasting for Wireless Mobile Hosts, Proc. of the MILCOM 96, pp. 933-937, October 1996.
- [8] Y.S. Kim, K.S. Jang, and B.K. Kim, Connection Rerouting Method for Mobile Host in Multicast Internetwork, ICT99, 15-18 June 1999, Cheju Korea
- [9] 김용수, 장경성, 김병기, "멀티캐스트 네트워크에서 이동호스트를 위한 연결 재설정", 한국정보과학회 '98학술 발표논문집(II), 2권 2호, 1988.10
- [10] 원유재, 유관중, 강태운, 황승구, "이동 컴퓨팅 환경에서 IP 멀티캐스트 기술", 정보처리 제5권 제3호(1998.5)