

## IPv6에서 멀티캐스트 지원을 위한 핸드오프 기법

김기영\*

### Handoff Scheme to support Multicast in IPv6

Ki-young Kim\*

#### 요약

이동 멀티캐스트 환경에서 핸드오프는 이동 단말이 새로운 영역으로 이동할 때 마다 핸드오프와 멀티캐스트 그룹가입을 수행하는 방식으로 일정한 지연시간을 갖게 되며 이동환경에서 핸드오프 지연시간은 패킷 손실을 발생시켜 이동 단말의 수신 품질에 영향을 미치는 주된 요인이 된다. 본 논문에서는 IPv6환경에서 낮은 핸드오프지연 시간을 갖는 핸드오프 기법을 제안한다. 제안한 핸드오프 기법은 기존의 멀티캐스트의 동작절차를 따르며 인접한 서브넷을 멀티캐스트 트리로 구성하여 단말이 이동할 때 발생하는 멀티캐스트 지연시간을 감소시켜 패킷손실을 제거하였다. 모의실험을 통해 제안한 기법이 낮은 지연시간을 갖는 것을 확인하였으며 원격가입 방식보다 작은 패킷 손실률을 보였다.

#### Abstract

Whenever mobile node moves a new domain in multicast environments, Both handoff and join multicast group always occur. These procedures take a much of delay time and lost the packets in flight. Handoff delay is a significant factor for the QoS of mobile node in mobile environments. In this paper, we propose a new handoff scheme which supports multicast and guarantees a low handoff delay in IPv6. The scheme makes adjacent subnets the member of multicast tree. After that, this eliminates packet loss and reduces the handoff delay time. Simulation shows that the proposed scheme takes a low delay and lower packet loss rate than the remote-subscription scheme

▶ Keyword : 멀티캐스트(Multicast), Mobile IP, 원격가입(Remote-Subscription), 핸드오프(Handoff)

---

• 제1저자 : 김기영

• 접수일 : 2005.08.16, 심사완료일 : 2005.08.29

\* 서일대학 정보통신계열 소프트웨어전공

※ 본 논문은 2004년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음

## I. 서론

네트워크 기술의 진보는 이동환경에서 다양한 콘텐츠의 사용을 가능하게하며, 컴퓨터와 멀티미디어 장비의 소형화는 언제 어디서나 서비스를 받을 수 있는 유비쿼터스 환경을 가능하게 하고 있다. 단말이 현재 위치한 네트워크에서 다른 네트워크로 이동하는 환경에서 통신 서비스를 지속적으로 지원하기 위해서 단말은 도착한 네트워크에서 사용할 수 있는 새로운 주소를 할당받아야 한다. 이를 위한 방안으로 IPv4환경에서 Mobile IP[1]의 이동성 지원을 위한 표준으로 제안되었다. 하지만 유니캐스트만을 고려하여 설계하였기 때문에 멀티미디어 데이터 전송에 적합한 멀티미디어 전송 방식을 지원하기 위해서 추가적인 프로토콜이 필요하다[2,13].

## II. 연구배경

IETF Mobile IP 표준에서 이동성 제공을 위한 홈 주소와 홈 에이전트의 기능을 정의한다. 이동 단말은 도착한 서브넷에서 외부 에이전트와 CoA(Care of Address)를 할당받고 홈 에이전트에게 할당 받은 CoA를 등록하기 위한 동작을 수행한다. 하지만 초기 방식은 삼각라우팅 문제와 종단간 지연, 네트워크 오버헤드를 유발시킬 수 있다. 이와 같은 문제점은 홈 에이전트와 이동 노드간에 발생하는 오버헤드로 인한 것으로 이를 해결하기 위한 많은 연구가 활발히 진행되어왔다. 현재 삼각 라우팅은 바인딩 업데이트를 통해 해결하였으며 종단간 지연 감소를 위해 소규모-이동성을 이용한 연구가 진행중이다[3,4,12]. IPv6에서의 Mobile는 이동 단말이 이동할 때마다 바인딩 업데이트를 상대노드인 CN(Correspondent Node)에게 전송하도록 정의했다[5]. 이 방법은 삼각라우팅의 발생을 방지하지만 이동 단말이 단 거리를 빠르게 이동하는 경우에는 이동 단말이 도착한 네트

워크에서 CoA를 획득하기 전에 다시 다른 네트워크로 이동하게 되어 핸드오프지연이 발생한다. 따라서 이동 단말이 계속해서 패킷을 수신하지 못하는 결과가 발생한다. 또한 멀티캐스트 환경에서는 멀티캐스트 그룹가입 지연시간이 필요하기 때문에 유니캐스트 환경의 핸드오프 지연시간보다 상대적으로 길다. 따라서 핸드오프지연 시간을 감소하기 위해 이동 단말이 새로운 서브넷에 도착하면 이동 단말이 멀티캐스트 그룹에 가입을 완료하기 전까지 수신하지 못한 패킷을 이전 외부 에이전트 터널링을 통해 새로운 서브넷의 외부 에이전트에게 전송하는 방식이 제안되었다.

하지만 이 방식 역시 이동노드가 고속으로 이동하는 경우 불필요한 멀티캐스트 그룹가입이 이루어지고 2개 이상의 서브넷을 통과하게 되면 터널링 설정 지연이 발생하게 된다.

본 논문에서는 이동 단말이 2개 이상의 서브넷을 통과하는 속도를 갖는 이동환경에서 핸드오프 지연시간을 감소할 수 있는 기법을 제안한다. 일정 서브넷을 그룹화하여 이동 단말이 그룹 내에서 이동하는 경우 멀티캐스트 그룹가입 완료 전에 패킷을 수신할 수 있도록 하였다. 따라서 제안한 방식은 이동 단말이 그룹 내에서 이동하는 동안에 멀티캐스트 그룹가입 지연시간에 영향을 받지 않기 때문에 핸드오프지연 시간을 감소시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 3절에서 관련연구에 대해 기술하고 4절에서 제안하는 방법을 서술하도록 한다. 5절에서는 제안한 방식의 성능을 평가하고 6절에서 결론과 향후연구 방향에 대해 기술한다.

## III. 관련연구

유니캐스트 환경에서 호스트의 이동성을 지원하기 위한 표준방식으로 Mobile IP을 정의한 Mobile IP WG은 멀티캐스트 환경에서 Mobile IP 지원을 위한 방안으로 양방향 (bi-directional tunneling)방식과 원격가입(remote subscription)을 제시하였다[6].

양방향 방식은 최초 멀티캐스트에 가입한 HA(Home Agent)를 이용하는 방식으로, MH(Mobile Host)가 새롭게 이동한 네트워크의 FA(Foreign Agent)와 HA사이에 터널링을 이용해서 전송하는 방식이다. 따라서, 낮은 라우팅 오버헤드를 제공하는 장점을 갖는 반면, MH가 이동한 외부

네트워크에 동일한 멀티캐스트 그룹에 가입한 다른 이동 단말이 존재하는 경우에는 터널링 집중[7]으로 인해 데이터가 중복 전송되어 네트워크 자원사용을 비효율적으로 하는 단점이 있다.

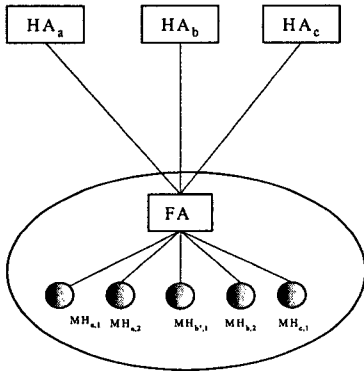


그림 1. 터널링 집중  
Fig 1. Tunneling Convergence

(그림 1)과 같이 임의의 FN에 동일한 멀티캐스트 그룹에 가입한 MH들이 존재하는 경우, HAa, HAb, HAc들은 각각의 터널링을 통해 자신을 HA로 하는 MH들에게 데이터를 중복 전송하게 된다.

한편, 양방향 방식의 단점인 터널링 집중을 방지하기 위해 FA가 핸드오프 시 이동 단말의 홈 에이전트와 자신의 멀티캐스트 그룹 정보를 이용하여 DMSP(Designated Multicast Service Providers)를 선택하는 방식이 제안되었다(8). 이 방식은 동일한 멀티캐스트 그룹에 속한 이동 단말에 한 개의 터널링을 설정하도록 하여 터널링 집중 문제를 해결하였지만 라우팅의 비효율성과 DMSP의 운영에 따른 오버헤드가 발생하는 단점이 있다.

원격가입(9)은 멀티캐스트를 지원하는 홈 네트워크의 홈 에이전트를 이용하지 않고, 이동한 외부네트워크에서 멀티캐스트 그룹에 재 가입하는 방식이다. 재 가입에 따른 라우팅 오버헤드가 높지만 라우팅 경로를 최적화할 수 있고, 네트워크 자원 이용의 효율성이 높다는 장점이 있다.

하지만 멀티캐스트 그룹에 재 가입에 따른 지연에 의해 패킷손실이 발생하게 된다. 또한, 이동 단말의 이동속도가 멀티캐스트 재 가입 시간보다 빠른 경우에는 패킷을 수신하기 전에 외부네트워크를 이탈하게 되어 수신을 할 수 없게 된다. 기본 동작은 (그림 2)와 같다.

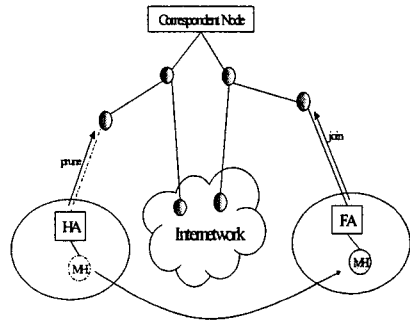


그림 2. 원격가입 방식  
Fig. 2. Remote-Subscription

홈 네트워크에서 외부 네트워크로 이동한 이동 단말은 외부 에이전트를 통해 멀티캐스트 그룹에 다시 가입한다. 외부 에이전트는 홈 에이전트에게 이동 단말의 위치를 알리고 홈 에이전트가 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴하도록 하고, 외부 에이전트 자신은 멀티캐스트 트리에 가입을 완료하고 이동 단말에게 멀티캐스트 패킷을 전송한다.

앞서 살펴본 바와 같이, 기존 연구는 고정 호스트를 고려한 멀티캐스트 라우팅을 바탕으로 하고 있으며, 단말의 이동으로 발생하는 라우팅 문제를 해결하고 있기 때문에 이동에 따른 멀티캐스트 라우팅 단절 시간이 발생하여 수신품질이 낮아진다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 일정 지역 내의 외부 에이전트를 그룹으로 정의하고 그룹 내에서 멀티캐스트 트리를 구성하여 멀티캐스트 가입절차에 따른 지연시간을 감소시키도록 한다.

#### IV. 멀티캐스트 지원 핸드오프 기법

##### 4.1 네트워크 환경

멀티캐스트 지원 핸드오프 기법이 가정하는 네트워크 환경은 (그림 3)과 같다.

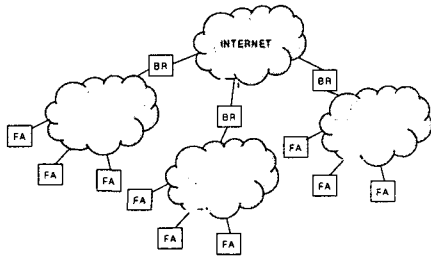


그림 3. 네트워크 모델  
Fig 3. Network Model

인터넷에 BR(Border Router)통해 연결되며 BR에는 여러개의 FA(Foreign Agent)가 속해 있다. 고려하는 IP 멀티캐스트(1,2) 방식은 고정 단말이 자신이 수신하고자 하는 멀티캐스트 트리에 가입을 하는 방식으로 수신노드의 위치에 관계없이 패킷수신이 가능하다. 이동환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위해서는 단말이 이동할 때마다 핸드오프와 함께 멀티캐스트 트리에 가입에 필요한 정보를 FA에게 알려 FA가 해당 멀티캐스트 그룹에 가입한다.

(그림 4)는 네트워크 모델을 트리 구조로 단순화하였다. 이동 단말이 다른 외부 에이전트로 이동할 때 멀티캐스트 그룹에 가입하는 절차를 나타낸다.

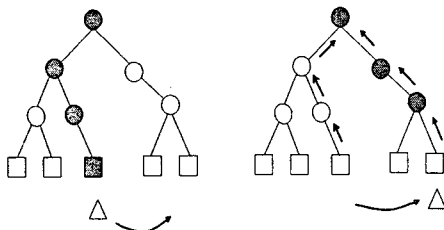


그림 4. 멀티캐스트 모델  
Fig 4. Multicast Model

원형은 BR을 나타내고 사각형은 FA를 표시한다. 검은색의 BR이나 FA는 멀티캐스트 그룹에 가입된 것을 표시한다.

이동 단말이 현재 서브넷에서 다른 서브넷으로 이동하여 다시 멀티캐스트 그룹에 가입하는 과정으로 도착한 서브넷에서 멀티캐스트 재가입을 수행하고 이전 서브넷의 FA는 멀티캐스트 트리를 해지하는 절차로 구성된다.

이동 단말은 자신이 가입하려는 멀티캐스트 주소에 FA를 통하여 가입한다. 이동노드가 홈 네트워크에서 다른 네트워크로 이동하지 않는다면 고정 단말의 멀티캐스트 가입/탈퇴와 차이점이 없다. 이동 단말이 홈 네트워크를 벗어나 새로운 서

브넷으로 이동하면 물리적 멀티캐스트 라우팅이 구성되지 않기 때문에 지속적으로 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 없게 된다. 일반적으로 이동 단말은 도착한 서브넷의 외부 에이전트를 통해 홈 에이전트에게 터널링 설정을 요청하거나 다시 멀티캐스트 그룹에 가입하기 위한 절차를 수행한다. 터널링 방식의 경우 라우팅을 최적화하지 못하는 문제가 발생하고 멀티캐스트 재가입 방법은 이동 단말이 서브넷을 변경할 때마다 멀티캐스트 가입이 발생한다.

본 논문에서는 기본적으로 멀티캐스트 재가입 하는 원격 가입방식을 사용하여 멀티캐스트 가입 지연시간을 줄일 수 있는 기법을 제안한다. 제안한 기법은 서브넷을 그룹화하여 멀티캐스트 가입에 따른 지연시간을 감소시킨다.

#### 4.2 서브넷 그룹

서브넷의 그룹은 인접한 서브넷을 한 개의 그룹으로 구성한다. 서브넷은 1개의 FA로 구성되며 FA가 담당하는 역할을 의미한다.

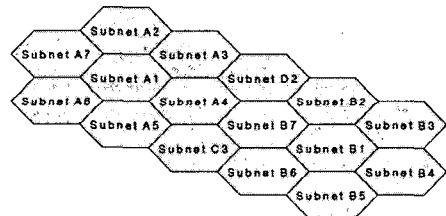


그림 5. 서브넷 그룹의 구성  
Fig 5. Organization of Subnet Group

서브넷 그룹은 이동노드가 도착한 서브넷을 중심으로 한 홉 내에 있는 서브넷을 멤버로 구성한다. 이동 노드가 현재의 서브넷에서 다른 서브넷으로 이동하는 경우 3개의 서브넷이 멀티캐스트 그룹가입 절차를 수행한다. (그림 5)에서 이동 단말이 Subnet B7에서 Subnet B1으로 이동하면 Subnet B3, Subnet B4, Subnet B5가 멀티캐스트 트리에 가입하고 Subnet A4, Subnet C3는 Subnet D2는 인접 서브넷이 아니기 때문에 이동 단말의 멀티캐스트 주소로 구성된 트리에서 탈퇴한다.

이동 단말이 위치한 서브넷을 중심으로 멀티캐스트 트리를 구성하기 때문에 이동 단말이 도착한 서브넷은 이동 단말이 가입해 있는 멀티캐스트 주소에 이미 가입되어 있는 상태가 된다. 이와 같은 구조는 이동환경에서 발생하는 핸드오프 지연시간동안 발생하는 패킷손실을 발생 감소시킬 수 있다.

### 4.3 외부 에이전트 간의 정보유지

한 개의 그룹은 n개의 서브넷으로 구성된다. 그룹 내의 서브넷 중 이동 단말이 머무르고 있는 서브넷의 FA가 그룹의 영역관리 역할을 수행한다. 본 논문에서는 이 역할을 수행하는 FA를 영역관리자(Domain Manger)라고 정의한다. 따라서 이동 단말이 핸드오프를 수행하면 영역관리자가 변경된다. 영역관리자의 선출은 기존 연구인 [4]의 방식을 사용한다. 각각의 외부 에이전트가 이동 단말의 홈 에이전트, 멀티캐스트 주소, 그룹 내에서 사용하는 멀티캐스트 주소를 필드로 하는 테이블을 유지한다. 이동 단말이 도착한 외부 에이전트는 주위의 외부 에이전트에게 이동 단말의 도착을 통지하고 자신을 중심으로 새로운 멀티캐스트 트리를 구성하도록 한다. 이전 영역관리자에게는 변경사항을 통보한다.

이전 영역관리자는 자신의 주위의 외부 에이전트에게 멀티캐스트 트리를 해지하도록 해지통보 메시지를 전송한다. 영역관리자 변경 절차는 이동 단말이 수행하는 핸드오프와 분리하여 외부 에이전트 사이에서 수행되기 때문에 핸드오프 오버헤드가 발생하지 않는다.

### 4.4 핸드오프 절차

이동 단말은 새로운 서브넷에 진입해서 외부 에이전트에게 자신의 통신정보를 제공하고 외부 에이전트로부터 CoA를 할당받는 핸드오프 동작을 수행한다. 외부 에이전트는 수신한 이동 단말의 통신정보를 이용하여 이동 단말이 패킷을 지속적으로 수신할 수 있도록 서비스를 제공한다.

제안하는 멀티캐스트를 지원하는 핸드오프는 IPv6에서 지원하는 Auto Configuration을 이용하여 이동 단말이 현재 서브넷에서 사용할 CoA 주소를 할당받는다. 할당 받은 CoA 주소를 기반으로 서브넷 그룹에서 사용할 멀티캐스트 주소를 생성한다. 이 주소를 지역멀티캐스트 주소라고 하며 지역멀티캐스트 주소로 구성된 멀티캐스트 트리를 지역멀티캐스트 그룹이라고 정의한다.

지역멀티캐스트 주소는 CoA와 마찬가지로 이동 단말을 유일하게 구별할 수 있어야 한다. 따라서 할당 받은 CoA가 중복되지 않는다고 가정할 때 생성한 지역멀티캐스트 주소 역시 중복되지 않도록 구성해야 한다. 지역멀티캐스트 주소 생성 방식은 4.5절에서 설명하도록 한다.

제안하는 핸드오프 기법은 이동 단말이 도착한 서브넷의 외부 에이전트가 이동 단말이 가입해 있던 멀티캐스트 그룹에 재가입하는 동안 패킷손실이 발생하는 기존 방법과 달리 그룹 내에서 이동하면 멀티캐스트 그룹에 재가입이 완료되지 않아도 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 있다. 결과적으로 이동

단말은 서브넷 그룹에서 이동하는 동안 멀티캐스트 송신노드까지의 멀티캐스트 트리 구성을 완료하지 않고 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 있어 핸드오프 지연시간을 단축시킨다.

외부 에이전트는 이동 단말이 가입하고자 하는 멀티캐스트 그룹에 재가입이 완료되면 이동 단말의 이동으로 인해서 더 이상 지역멀티캐스트 그룹에 가입할 필요가 없는 이전 서브넷의 외부 에이전트들의 지역멀티캐스트 탈퇴를 위해 이전 영역관리자에게 탈퇴 메시지를 통보한다. 메시지를 수신한 영역관리자는 자신의 주위의 외부 에이전트에게 탈퇴 메시지를 전송한다. 따라서 이동 단말이 도착한 서브넷의 영역관리자는 이전 서브넷 그룹의 모든 외부 에이전트들의 지역멀티캐스트 탈퇴에 관여하지 않아 오버헤드를 감소시킨다. (그림 6)은 핸드오프 절차를 단계별로 수행을 나타낸다.

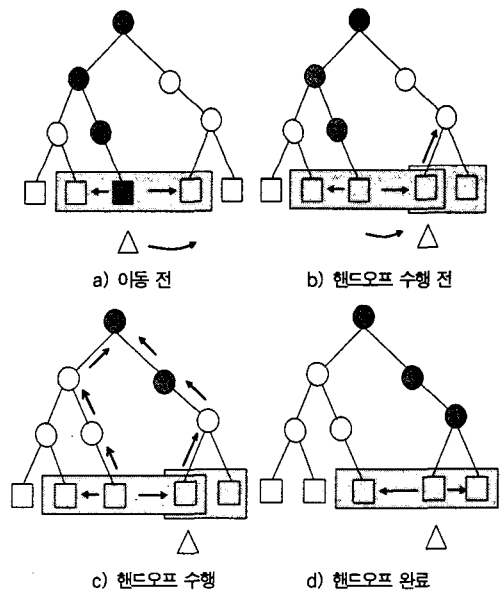


그림 6. 핸드오프 수행절차  
Fig 6. Handoff Procedure

핸드오프 절차를 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

a)에서 이동 단말이 위치한 주위의 서브넷의 외부 에이전트는 이동 단말이 생성한 지역멀티캐스트 주소를 이용하여 멀티캐스트 트리를 구성된다. 따라서 이동 단말이 인접 서브넷으로 이동하여도 해당 접근라우터는 이동 단말이 수신하려는 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 있는 상태이다.

b), c)에서 이동 단말이 새로운 서브넷으로 이동하면 현재 이동 단말이 위치한 서브넷의 외부 에이전트가 새로운 영역관리자가 되며 현재의 영역관리자를 기준으로 주위의

서브넷을 지역멀티캐스트 트리를 구성한다. 이때 이동 전에 구성된 지역멀티캐스트는 계속 유지된다.

d)에서 멀티캐스트 트리 재가입이 완료되면 이동 전에 구성된 지역멀티캐스트 트리의 영역관리자에게 탈퇴 메시지를 전송한다.

살펴본 바와 같이 핸드오프 시 발생하는 멀티캐스트 트리 재구성 지연시간에 영향을 받지 않고 이동 단말은 핸드오프를 수행한 후 멀티캐스트 트리가 구성되는 동안 발생하는 패킷손실 구간이 발생하지 않게 된다. 기존 핸드오프 절차에 추가적으로 지역멀티캐스트 트리 구성을 위한 메시지 교환을 수행해야하며 메시지교환 절차는 (그림 7)과 같다.

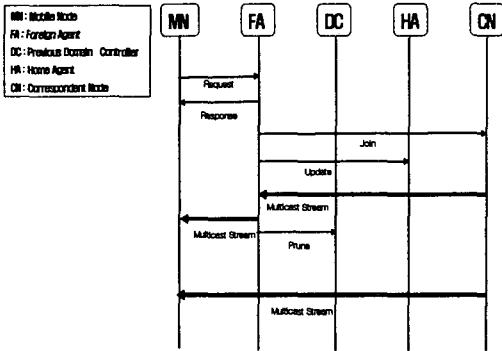


그림 7. 핸드오프 메시지 교환  
Fig 7. Exchange of Handoff Message

이동 단말은 외부 에이전트에게 요청 메시지를 전송하고 외부 에이전트는 CoA를 할당한다. 외부 에이전트는 주위의 외부 에이전트에 도착한 이동 단말의 지역멀티캐스트 주소를 통보하여 자신을 소스로 하는 멀티캐스트 트리를 구성한다. 외부 에이전트는 상위 라우터에게 멀티캐스트 가입 요청을 전송하고 이동 단말의 홈 에이전트에 이동 단말의 정보를 전송한다.

멀티캐스트 그룹 가입이 완료되면 이전 영역관리자에게 탈퇴 메시지를 전송한다. 이미 이동 단말이 도착한 서브넷에는 멀티캐스트 패킷이 수신되고 있는 상태이므로 이동 단말은 지속적으로 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 있다. 이때 영역관리자는 지역멀티캐스트 탈퇴 메시지 전송에 앞서 인접 서브넷의 외부 에이전트에게 이동 단말의 지역멀티캐스트 주소 가입 메시지를 전송한다.

이동 단말은 지속적으로 이동할 확률이 높기 때문에 탈퇴 메시지보다 가입 메시지 전송이 선행되어야 한다. 이동 단말이 다시 이전 서브넷으로 이동하게 되더라도 탈퇴 메시지가 가입 메시지보다 늦게 전송되기 때문에 멀티캐스트 패킷을 계속 수신할 수 있다.

4.5 주소할당 방식

IPv6에서 사용하는 멀티캐스트 주소 형식은 (그림 8)과 같다. 모든 이동 단말에 멀티캐스트 주소를 물리적으로 할당하는 것은 현실적으로 어려우며 효율성이 떨어진다. 특히, 이동 단말 간에 중복되어 멀티캐스트 주소가 할당되어 사용될 수 있는 문제가 발생한다.

11111111	Flags	Scope	Group ID
----------	-------	-------	----------

그림 8. IPv6 멀티캐스트 주소 형식  
Fig 8. Format of Multicast Address

확장성과 중복성을 해결하기 위한 방안으로 이동 단말이 도착한 서브넷에서 사용되지 않고 있는 멀티캐스트 주소를 사용하는 프록시 방식과 사상 방식을 사용할 수 있다. 제안하는 기법은 주소관리는 Algorithmic mapping[10]방식을 사용한다. 이동 단말에 할당된 IPv6 유니캐스트 주소를 IPv6 멀티캐스트 주소로 사상하는 방법으로 다음 (그림 9)와 같다.

FP	TLA ID	Rsvd	NLA	SLA	Interface ID
11111111	0000	0110	Rsvd	Interface ID	

그림 9. 멀티캐스트 주소 변환  
Fig 9. Translation of Multicast Address

인터페이스 ID를 포함시켜 Group ID를 생성하는 방식으로 64비트의 인터페이스 ID 주소 공간은 그룹 내에 존재하는 이동 단말에 할당하기에 충분하다. 이동 단말에 할당되는 CoA가 중복 할당되게 되면 그룹 내에서 사용하는 멀티캐스트 역시 중복될 수 있다. 이와 같은 문제는 DHCP와 DAD 방식[11]을 사용하여 해결할 수 있어 그룹 내에서 사용하는 멀티캐스트 주소 역시 중복되지 않는다.

### V. 성능평가

제안한 기법의 성능평가를 위해 모의실험을 수행하였으며, 모의실험 환경은 다음과 같다.

서브넷의 집합을 S라하고 S는 FN1, FN2, ..., FNn으로 구성된다. 지역의 크기를 k라 했을 때, 각각의 임의의 FN은 k-1개의 AR을 포함한다. 이동 단말은 현재 위치에서 k-1개의 방향으로 이동할 수 있는 이동환경을 가정하였다.

분석에서 사용하는 네트워크 N은 외부네트워크 집합 FN<sub>G</sub> = {FN<sub>1</sub>, FN<sub>2</sub>, ..., FN<sub>m</sub>} (m=1000)으로 구성되며, 이동 단말 MN의 집합을 MNG = {MN<sub>1</sub>, MN<sub>2</sub>, ..., MN<sub>n</sub>}라고 정의한다. 이동 단말이 임의의 FN에 도착하였을 때 FA가 도착한 이동 노드가 가입한 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있을 확률은

$$P_{join} = 1 - (1 - \frac{1}{m})^n \text{ 과 같다.}$$

먼저 핸드오프 시 MN이 FA를 발견하는데 소요되는 시간을 α, MN이 이동한 네트워크에서 FA를 통해 멀티캐스트 그룹에 가입하는데 소요되는 시간을 G<sub>d</sub>로 정의하였으며 에러가 발생하지 않는다고 가정하였다. 동일한 조건을 보장하기 위해 G<sub>r</sub>의 값은 기존 방식과 제안하는 기법에 동일한 값을 적용하였다. 분석에서 사용되는 변수와 의미는 <표 1>과 같다.

표 1. 실험변수  
Value of Experiments

변수	의 미	값
F <sub>n</sub>	외부네트워크의 수	30 -100
P <sub>join</sub>	FA가 멀티캐스트에 가입되어 있을 확률	0.1
P <sub>s</sub>	핸드오프 후 에러 없이 데이터를 수신할 확률	0.5-1.0
F <sub>r</sub>	MN의 FA등록 지연 시간(핸드오프 지연)	1.5ms
T <sub>d</sub>	이전 FA와 MN간의 터널링 설정 시간	10ms
G <sub>d</sub>	현재 FA가 GR을 통해 멀티캐스트 트리에 가입하는 시간	20ms
G <sub>r</sub>	GR과 MN간의 RTT	20ms

$$H_r = \alpha + [P_{join} * F_r + (1 - P_{join}) * ((G_d + \frac{\alpha G_r}{P_s}) + F_r)] \dots\dots\dots (5.1)$$

$$H_g = \alpha + F_r \dots\dots\dots (5.2)$$

수식 (5.1)은 원격가입 방식에서의 평균 지연시간 H<sub>r</sub>을 나타낸다. 단말이 도착한 서브넷의 FA가 멀티캐스트 그룹에 이미 가입된 경우에는 등록지연과 재전송에 따른 지연이 발생하고, 미 가입된 경우에는 FA가 GR에 가입하는 지연(G<sub>d</sub>)이 추가적으로 발생한다. 수식 (5.2) 제안하는 기법의 평균지연시간을 나타낸다.

이동 단말이 도착하는 서브넷은 이전 서브넷에 도착했을 때 이미 그룹 단위로 멀티캐스트 트리를 구성했기 때문에 핸드오프 시 멀티캐스트 지연이 발생하지 않아 이동 단말이 FA에 등록하는 지연시간만 발생한다.

이동 단말과 홈 에이전트 간의 연결은 원격가입 방식을 가정하였으며 이동 단말의 핸드오프 수행시간과 멀티캐스트 패킷을 수신하기까지의 시간을 비교 분석하였다.

#### 5.1 에러회복 지연시간

이동 단말이 정지하고 있는 동안의 에러회복 지연시간을 비교하였다. (그림 10)의 X축은 수신한 패킷에서 에러가 발생하지 않을 확률을 나타내며 Y축은 에러확률에 따른 에러회복 시간을 나타낸다.

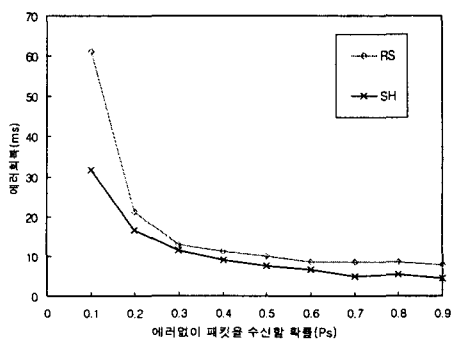


그림 10. 에러회복 지연시간  
Fig 10. Error Recovery Delay Time

원격가입과 제안하는 기법 모두 에러확률이 낮아질수록 에러회복 지연시간이 감소하는 것을 알 수 있다. 이동 단말이 정지하고 있는 동안 발생하는 에러에 따른 에러회복 지연시간은 거의 같은 값을 보인다. 이는 이동 단말이 이동하지 않는 경우에는 고정환경의 멀티캐스트와 동일하기 때문이다.

### 5.2 핸드오프 지연시간

이동 단말의 핸드오프 지연시간의 비교 결과는 (그림 11) 과 같다. X축은 에러가 발생할 확률을 나타낸다. 에러 확률이 높을수록 핸드오프 지연시간은 상대적으로 증가하였다. 동일한 에러확률일 때 제안한 핸드오프 기법은 원격가입보다 낮은 지연시간을 보였다. 제안한 핸드오프 기법은 현재 서브넷으로 이동하기 전에 이미 서브넷 그룹간에 멀티캐스트 트리를 구성 하고 있기 때문에 핸드오프 지연시간에서 멀티캐스트 재가입 시간에 영향을 받지 않기 때문인 것으로 판단할 수 있다.

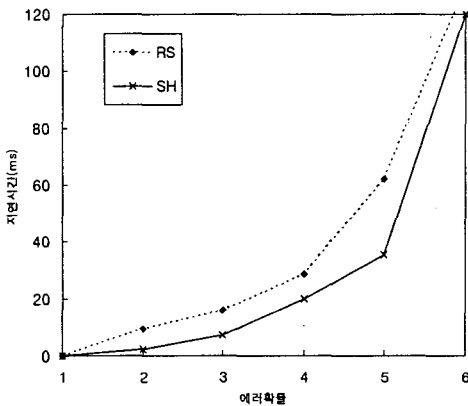


그림 11. 핸드오프 지연시간  
Fig 11. Handoff Delay Time

반면 제안한 기법은 한 순간에 이동 단말이 도착하는 서브넷의 도착 확률은 고정 확률이기 때문에 불필요한 대역폭이 낭비될 수 있다.

### 5.3 그룹 크기에 따른 지연시간

그룹을 구성하는 서브넷의 크기에 따른 지연시간은 (그림 12)와 같다. 원격가입 방식은 그룹의 크기를 1로 가정하였다. 서브넷의 개수를 증가함에 따라 제안하는 기법은 지연시간이 감소하는 것을 알 수 있다.

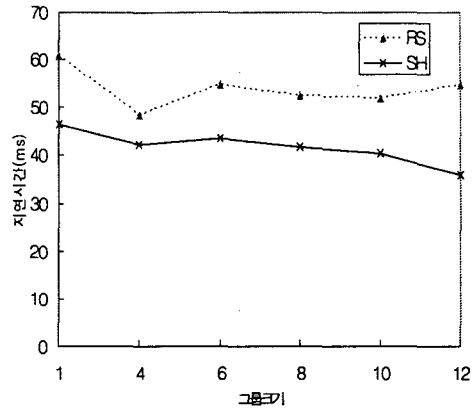


그림 12. 그룹크기에 따른 지연시간  
Fig 12. Delay Time Related to Group Size

그룹을 구성하는 서브넷의 개수가 증가할 수록 낮은 지연시간을 보장하지만 상대적으로 그룹 내의 멀티캐스트 트리가 증가하여 대역폭의 낭비가 발생한다.

## VI. 결론

IPv6는 고정환경에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 주소 방식을 제시하고 있다. 본 논문에서는 멀티캐스트의 기본 목적인 라우팅의 효율성을 지원하고 대역폭의 낭비를 방지할 수 있는 핸드오프 기법을 제안하여 이동환경에서 수신품질에 결정적인 영향을 미치는 요소인 핸드오프 지연시간을 감소시켜 손실되는 패킷을 방지하였다. 제안한 기법은 원격가입 방식을 기반으로 하고 있지만 이동 단말이 위치한 서브넷의 주위 서브넷을 그룹화하여 멀티캐스트 트리를 구성하여 단말이 다른 서브넷으로 이동하여 멀티캐스트 트리에 재가입하는 지연시간을 제거하여 낮은 핸드오프지연시간을 보장할 수 있었다.

서브넷의 그룹화 계수의 크기에 비례하여 지연시간을 감소시킬 수 있으나 그룹화 계수의 크기가 증가하면 불필요한 대역폭이 낭비될 수 있다. 따라서, 향후연구로 핸드오프 지연시간 감소를 보장함과 동시에 대역폭의 효율적인 사용이 가능하도록 이동 단말의 속도에 따라 그룹화 계수를 동적으로 지정하는 방안이 관한 연구가 진행되어야 한다.



### 참고문헌

- [1] C.Perkins "IP Mobility Support," RFC 2002, Internet Engineering Task Force, Oct. 1996.
- [2] Chunhung Richard Lin and Chang-Jai Chung, "A Mobile Multicast Protocol with Error Control for IP Networks," IEEE GLOBECOM, pp.1687-1691, Mar. 2000.
- [3] C. Perkins, D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," internet Draft, Internet Engineering Task Force, Feb. 2000.
- [4] C. Perkins and D. Johnson, "Mobility Support in IPv6," Proceedings of MobiCom'96, Nov. 1996
- [5] D. Johnson, c. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775.
- [6] Wanjiun Liao, Jen-An Ke, and Juinn Ru Lai, "Reliable Multicast with Host Mobility," IEEE GLOBECOM '00 Vol.3, pp.1692-1696, 2000.
- [7] V. Chikarmane, C. Williamson, R. Bunt, and W. Mackrell, "Multicast Support for Mobile hosts Using Mobile IP: Design Issues and Proposed Architecture," ACM/Baltzer Mobile Networking and Applications, 1997.
- [8] T. G. Harrison, C. L. Williamson, W. L. Mackrell, and R. B. Bunt, "Mobile Multicast (MoM) Protocol: Multicast Support for Mobile Hosts," in Proc. of the third annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, pp.151-160, Sep. 1997.
- [9] Chunhung Richard Lin and Chang-Jai Chung, "Mobile reliable Multicast Support in IP Networks," IEEE ICC, Vol.3, pp.1421-1425, 2000.
- [10] A. Helmy, M. Jaseemuddin, Ganesha Bhaskara, "Efficient Micro-Mobility using Intra-domain Multicast-based Mechanisms (M&M)," ACM SIGCOMM Computer Communications Review (CCR), Oct. 2002.
- [11] S. Thomson, t. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," RFC 2462, Dec. 1988.
- [12] 노경택, "Mobile-IP에서의 이동성 관리와 Smooth handoffs," 한국컴퓨터정보학회 논문지, Vol.4, No.4, pp. 163-169, Dec. 1999.
- [13] 노경택, 이기영, "오버레이 멀티캐스트 네트워크에서 종단 호스트 멀티캐스트 트리 프로토콜 기법에 관한 연구," 한국컴퓨터정보학회 논문지, Vol.8, No.4, pp. 126-131, Dec. 2003.

### 저자 소개



김기영

1996년 상지대학교 전자계산학과 이학사  
 1997년 삼보정보통신 기술연구소 연구원  
 1999년 숭실대학교 컴퓨터학부 공학석사  
 2003년 숭실대학교 컴퓨터학부 공학박사  
 2004~현재 서울대학 소프트웨어전공  
 전임강사  
 <관심분야> 실시간 프로토콜, 멀티캐스팅,  
 이동 컴퓨팅, 네트워크 보안