

# 3GPP2 IMT-2000 시스템에서 멀티캐스트 전달 대리자 기반의 새로운 Mobile-IPv6 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

(A New Multicast Routing Protocol for Multicast Delivery Agent-based Mobile-IPv6 in 3GPP2 IMT-2000 System)

박 병 섭<sup>†</sup> 김 성 수<sup>\*\*</sup>

(Byoung Seob Park) (Sung-Soo Kim)

**요약** 본 논문에서는 3GPP2 IMT-2000 서비스를 위해 기존 음성 및 인터넷 인프라를 수용할 수 있으며, IMT-2000망에서 Mobile-IP over IMT-2000 멀티미디어 응용 서비스를 제공하는데 필수적인 MDA(Multicast Delivery Agent)-기반의 Mobile-IPv6 멀티캐스트 알고리즘을 제안하고 이를 분석한다. IMT-2000 시스템 모델은 PDSN(Packet Data Serving Node)또는 IWF(Interworking Function)기능이 각 기지국에 존재하는 분산된 모델을 사용한다. 새로운 프로토콜의 핵심요소는 멀티캐스트 데이터그램 전달 경로를 줄이기 위해 MDA (Multicast Delivery Agent)를 도입한 것이다. 제안된 프로토콜은 현재까지 제안된 이동망에서의 멀티캐스트 지원 기법들과 비교하여, 짧은 라우팅 경로 및 이동 호스트에 근접한 노드에서 이동 호스트로의 직접 데이터그램 전송을 통하여 성능 향상을 기대할 수 있다. 특히, 터널링 수 및 멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 길이가 감소하고, 멀티캐스트 데이터그램의 트래픽 부하도 감소한다.

**키워드** : 이동-IP, 멀티캐스팅, 패킷데이터제공노드, 멀티캐스트전달대리자

**Abstract** We present a new MDA-based Mobile-IPv6 multicast routing algorithm for wireless service operators to offer Mobile-IP over IMT-2000 service under IMT-2000 network by taking advantage of the existing infrastructure for IMT-2000 multimedia application services. The extended IMT-2000 system architectures use an PDSNs (i.e. IWFs), and the home network (i.e. Internet) backbone and intermediate network are composed of ATM entities. A key feature of the new protocol is the use of MDA(Multicast Delivery Agent) to reduce delivery path length of the multicast datagram. We show that proposed protocol is efficient in terms of various performance measures such as multicast traffic load, multicast related handoff, and average routing length when we implement it using the Mobile-IPv6. Particularly, the number of tunneling and average routing length of datagram are reduced relatively, the multicast traffic load is also decreased.

**Key words** : Mobile-IP, Multicasting, PDSN, MDA

## 1. 서론

현재 2G(2nd Generation) 기술들은 Mobile-IP 개념을 가진 3GPP(3rd Generation Partnership Project)

및 3GPP2(3rd Generation Partnership Project 2)로 전이하고 있으며, 현재 All-IP 구조로 또 다른 진화를 시도하고 있다[1-2]. 3G IMT-2000은 고속의 무선 패킷 데이터통신과 국제적인 무선 가입자로의 로밍 서비스를 목표로 하고 있다. 이중에서 핵심적인 요소는 무선 패킷 데이터 전송기능으로, 멀티미디어 및 이동 컴퓨팅 통신 서비스가 가능한 시스템으로의 개발이다. 3G 프로젝트는 GSM(Global System for Mobile)을 기반으로 한 유럽의 3GPP와 CDMA 기반의 북미 3GPP2 표준

· 본 논문은 우석대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 연구됨

† 정 회 원 우석대학교 컴퓨터교육과 교수  
bspark@woosuk.ac.kr

\*\* 비 회 원 충주대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수  
sungkim@engine.chungbuk.ac.kr

논문접수 : 2001년 4월 19일

심사완료 : 2001년 10월 16일

롭으로 기술 개발 및 표준화를 추진하고 있다[1-2]. 현재 한국은 기존의 인프라를 보호하고 새로운 기술에 대한 전이를 쉽게 하기 위해 3GPP2의 표준화 그룹에 적극 참여하고 있는 실정이다[3-4]. 따라서 본 논문에서도 3GPP2를 기반으로 관련 기술들을 전개해 나가고자 한다. 한편 IETF Mobile-IP 워킹 그룹에서는 IP망에서 이동 호스트(MH : Mobile Host)에서의 유니캐스트(unicast) 라우팅을 지원하기 위해 Mobile-IP를 제안하였다[5-8]. Mobile-IPv4가 제안되어 관련 프로토콜들이 성숙 단계에 있고, 최근에 Mobile-IPv6가 제안되었다[9]. IETF의 Mobile-IP는 이미 IMT-2000망의 기본 프로토콜로 채택되었고[3-4], 라우팅 측면에서만 볼 때, Mobile-IPv6에서는 Mobile-IPv4에서 생기는 삼각 라우팅(triangle routing)[8,10] 문제를 근본적으로 해결하고 있다. 삼각 라우팅 문제는 이동 호스트에게 데이터그램을 전달하는 노드가 이동 호스트 가깝게 있더라도 패킷은 홈 에이전트(HA : Home Agent)를 통해 전달되는 것을 말한다.

최근 많은 응용들이 호스트에서 멀티캐스트(multicast) 서비스를 제공하는 것을 요구하고 있고, 이러한 서비스들이 보편적으로 구현되고 있다. 그러나 이러한 알고리즘은 대부분이 고정된 IP망에서의 고정 호스트를 위한 알고리즘으로 이동 호스트를 갖는 이동 환경에서는 적합치 않다[11]. IETF Mobile-IP 스펙은 이동 호스트로 패킷 라우팅을 위한 방법들을 정의하고 있으며, 현재 IETF에서는 Mobile-IP를 적용한 이동망에서의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로 다음 2가지의 멀티캐스트 지원 옵션을 정의하고 있다[12]; 원격 신청(remote subscription)과 양방향 터널링(bi-directional tunneling). 그리고 위 두가지 기법을 확장시키거나 성능 개선한 이동망에서의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로 MoM[13]과 RBMoM[14] 기법들이 존재한다. Harrison[13]은 MoM(Mobile Multicast)라는 반의 멀티캐스트 기법을 제안하였다. 여기서 HA는 MH의 멀티캐스트 데이터그램을 터널링할 책임을 가지며, 공통 FA로 터널되는 중복 데이터그램을 피하기 위해서 DMSP (Designated Multicast Service Provider)를 사용한다. RBMoM(Range-Based Mobile Multicast)[14]은 서비스 개념을 사용하여 짧은 전달 경로와 멀티캐스트 트리 재구성 빈도수 간에 트레이드-오프를 제공하도록 하고 있다. 그러나 이 기법들은 모두 Mobile-IPv4를 기반으로 하고 있으며, Mobile-IPv6를 위한 멀티캐스트 알고리즘은 현재 연구 중에 있다.

따라서 본 논문에서는 3GPP2 IMT-2000 망 모델에서 PDSN 모델을 정의하고, 이 구조에서의 Mobile-

IPv6 적용한 새로운 멀티캐스트 알고리즘을 제안한다. 새로운 멀티캐스트 라우팅 기법은 Mobile-IPv4를 수용하면서, 이를 성능 개선한 Mobile-IPv6를 기반으로 하기 때문에, 데이터그램 전달 경로 및 멀티캐스트 트리 재구성 측면에서 매우 우수한 성능 보여준다. 기존에 제안된 MoM 프로토콜은 긴 멀티캐스트 데이터그램 전송 경로에 기인한 성능 저하가 크며, RBMoM 프로토콜도 멀티캐스트 지원 노드에서 먼 거리로 이동 호스트가 이동시에는 트리 재구성을 위한 비용이 적지 않게 소요된다. 그러나 본 논문의 기법에서는 Mobile-IPv6의 내재적인 데이터전송 특성을 사용하기 때문에 이동 호스트가 새로운 외부망으로 이동시 멀티캐스트 그룹에 속한 소스 노드로부터 직접적으로 데이터그램을 받을 수 있어 효율적인 멀티캐스트 알고리즘을 구현할 수가 있다. 또한 Mobile-IPv6에서 제공하는 IP 주소의 확장, 보안이나 인증 문제, 그리고 라우팅 최적화(route optimization) 등을 그대로 적용할 수가 있다.

## 2. IMT-2000 시스템 모델

### 2.1 확장된 IMT-2000 시스템 모델

확장된 IMT-2000망 모델에서는 논리적으로 분리된 패킷 및 회선 교환망이 존재한다[15]. 이 구조에서, 중개망 연결, 즉 BSC와 PDSN 즉, IWU(Interworking Unit) 연결 경로와 BSC와 MSC를 경유하는 PSTN 연결 경로가 존재한다. 이것은 BSC가 지원해야만 하는 인터페이스를 줄여준다.

RN의 PCF와 PDSN 집합은 IMT-2000망에서 패킷 데이터망을 구성하며, ISDN 스위치와 게이트웨이 MSC는 PSTN을 형성한다. 이동성 관리는 IMT-2000의 기본적 기능이며, 2계층 망간에 공유되는 것이 바람직하다. PPP(Point-to-Point Protocol) 세션은 이동 스테이션과 PDSN간에 유지되는 연결로, 이동 스테이션이 dormant 상태에 있을 때 유지된다. 만일 사용자가 동일한 PDSN에 연결된 채 하나의 RN에서 다른 RN으로 핸드오프시에 PPP 세션은 여전히 그대로 남아 있다. 그러나 사용자가 PDSN을 변경하였을 때는 새로운 PDSN과 새로운 PPP 세션이 생성된다. R-P 세션은 특정한 PPP 세션을 위해 R-P 인터페이스상에서 설정되는 논리적인 연결이다. 만일 패킷 데이터 서비스동안 사용자가 RN을 변경하였다면, R-P 세션은 이전 RN에서 새로운 RN으로 이동된다. 그리고 사용자가 PDSN을 변경하였을 때는 이전 R-P 세션이 해제되고, 새로운 R-P 세션이 설정된다.

본 논문에서는 초기단계의 3G IMT-2000 서비스를 위

한 확장된 무선 패킷 코어망으로 (그림 1)과 같은 모델을 고려한다. 그림에서 보면 각 단말들을 cdma2000 1x 에어 인터페이스를 사용하여 BSC와 연결되며, 3G BS/BSC는 전술한 것처럼 R-P 인터페이스를 통해 PDSN과 A 인터페이스를 통해 MSC로의 경로를 유지한다.

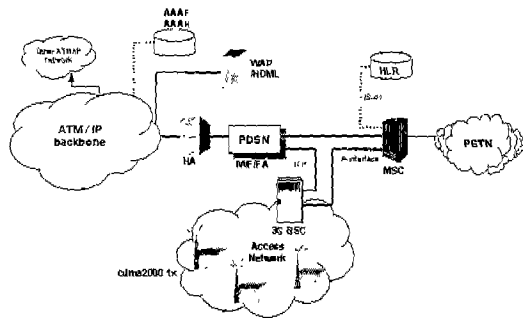


그림 1 확장된 IMT-2000 서비스 망

### 2.2 분리된 PDSN 구조

분리된 PDSN 모델 [15]에서, BS/BSC는 인터워킹 및 핸드오프 제공뿐만 아니라 데이터망 게이트웨이 역할을 수행한다. 이웃한 PDSN은 전용된 PDSN 없을 때 사용 가능하다. BS/BSC는 PDSN에 직접 연결되며, 이 PDSN은 BS/BSC의 커버리지하에서 모든 MH를 관리한다고 가정한다. 또한 각 BS/BSC는 cdma2000 페이지 채널상에 cdma2000 System Parameter Message를 통하여 MH로 보내는 자신의 (SID, NID) 쌍을 가지고 있다. 이 메시지는 MH가 새로운 시스템으로 로밍 (roaming)됨을 인지할 수 있도록 Mobile Idle State를 갖는 모든 MH에서 수신된다. (그림 2)는 PDSN의 IWF 기능이 모든 BSC에 연결되어 있는 분리된 PDSN 모델이다. 그림에서 Mobile-IP 구현하는 PDSN이 FA 역할을 수행하며, HA는 Home ISP(Information Service Provider)에 존재한다.

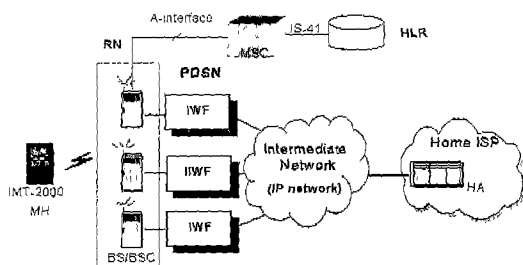


그림 2 패킷 데이터 서비스를 위한 분리된 PDSN 모델

## 3. Mobile-IPv6에서의 데이터그램 전달

### 3.1 이동성 지원 [16]

Mobile-IPv6의 기능은 Mobile-IPv4의 기능과 유사하다. Mobile-IPv6의 구성요소는 MH, HA, 그리고 CN(Correspondent Node)로 구성된다. MH는 먼저 자신의 현재 위치를 결정해야 하는데, MH가 홈 링크(home link)상에 존재할 때는 고정된 호스트처럼 동작해야만 하고, 외부 링크(foreign link)상에 존재할 때는 co-located COA(Care-Of-Address)를 얻어야만 한다. 이 주소가 획득되면, 자신의 HA에게 알려야 한다. 또한 MH는 이 주소를 선택된 CN에게 알려야 한다. Mobile-IPv6에서는 FA가 존재하지 않는다. 이것은 MH가 co-located COA를 사용하기 때문이다.

### 3.2 Mobile-IPv6에서 Smooth Handoff 과정

Mobile-IPv6를 위한 핸드오프 동작은 (그림 3)에 기술되어 있다. Mobile-IP는 IP-레벨의 매크로 이동성(macro mobility)만을 지원하므로 본 논문에서도 이에 대해서만 언급하기로 한다. 먼저 (1)에서 MH와 현재의 PDSNs간의 PPP 세션을 사용하여 데이터 흐름이 활성화 한다. (2)시점에서 라디오 시스템은 하드 핸드오프를 요청한다. 즉, RRC 변경이 일어나야 한다. 현재의 RNs는 타겟 RNt에 핸드오프 요청을 보낸다. 이때 패킷 데이터 핸드오프를 신속히 처리하기 위해서 패킷 매개변수와 세션 ID가 타겟 RNt에 전달된다. (3)에서, RNt는 핸드오프 허용을 결정하고, VLR(Visiting Location Register)의 기존 프로시저를 사용하여 현재 RNs에 응답을 보낸다.

(4)에서 RNs는 RNt로의 하드 핸드오프를 수행하도록 MH에 통지한다. (5)에서는 트래픽 패킷이 RNt로 전달된다. 그리고 나서 (6)에서처럼 RNt는 패킷 서비스를 설정하도록 PDSNt에 알린다. 이때 세션 ID가 PDSNt

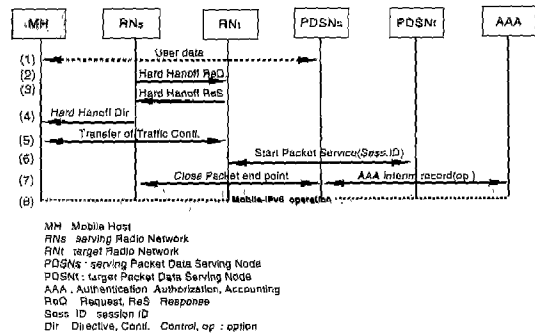


그림 3 PDSN간의 핸드오프 절차

에 보내진다. 세션 ID를 사용하여 PDSN은 새로운 R-P 링크를 설정한다. 핸드오프가 끝난후에는 RNs는 현재 RNs에서 MH에 대한 터널 중단 포인트(tunnel end point)가 달렸음을 PDSNs에 알린다. 또한 선택적으로 AAA Interim Accounting Record가 PDSNs에서 AAA 서버로 보내진다. 이 동작은 (7)에 표현되어 있다. PPP 세션 설정과 Mobile-IPv6 등록은 다음에 기술될 스펙의 기본 절차를 따른다.

#### 4. Mobile-IPv6-기반 멀티캐스트 데이터그램 전달

##### 4.1 프로토콜 개요

본 논문에서 제안하는 Mobile-IPv6를 지원하는 Smooth Handoff 기반의 멀티캐스트 알고리즘에 필요한 기본 망 구성 요소로는 MH, MH가 이동하기 이전망의 라우팅 엔티티인 TempHA, 새로운 망으로 이동한 MH의 디플트 라우팅 기능을 갖는 새로운 PDSN(또는 디플트 라우팅 엔티티), CN의 4가지 구성 요소로 이루어진다. 여기서는 CN이 멀티캐스트 그룹의 소스라고 가정한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 근본적으로는 터널링을 사용하는 HA-기반의 멀티캐스트 기법이며, 멀티캐스트를 위해 각 망에는 하나의 기지국(또는 PDSN)이 존재한다고 가정한다. 먼저 멀티캐스트 그룹 멤버인 이동 호스트가 새로운 망으로 이동한 때, 이동 호스트의 상태와 새로운 외부 망의 상태에 따라 사건이 달라진다. 새로이 이동한 망이 멀티캐스트 그룹 멤버일 경우는 그 망의 PDSN으로부터 멀티캐스트 데이터그램을 전달받게 된다. 그러나 이동한 새로운 망이 멀티캐스트 그룹에 속해 있지 않을 경우는 아래와 같은 2가지 방법으로 멀티캐스트 데이터그램을 전달받을 수 있다.

기존에 Mobile-IPv4 기반의 멀티캐스트 알고리즘에 관한 [14]의 연구에서는 HA-기반의 터널링 기법과 트리 재구성 기법의 혼합형을 제안하였다. 즉, 멀티캐스트 데이터그램을 전달하는 노드가 현재의 MH와의 거리가 기준 이상으로 멀리 떨어져 있을 경우에는 트리 재구성 기법을 적용하였다. 그러나 MH의 이동성이 많을 경우는 트리 재구성 방법을 사용할 경우 자주 발생한다. 결국 트리 재구성 횟수가 증가하여 비용 및 지연시간 측면에서 전체 시스템의 성능을 저하시킨다. 그러나 본 논문에서는 기본적으로 트리 재구성 기법을 사용하지 않고 터널링 기법만을 사용한다. 이러한 근거는 터널링은 MDA가 먼 거리가 있을 경우는 비효율적일 수 있으나, Mobile-IPv6를 이용하여 MDA의 후보가 될 가능성이 있는 전달 노드(즉, TempHA, NewPDSN, CN, 멀티캐

스트 멤버노드 등)가 전체 망내의 여러 부분에 분산되어 존재하게 할 수 있으므로, 이동성이 높을 경우에도 이를 효율적으로 처리할 수 있다. 결국 바인딩 정보를 통해 설정된 MDA에서 직접 MH로 데이터를 전달할 기회가 많아진다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 수행하여 이러한 증거를 입증할 수 있었다.

##### 4.2 핸드오프-기반 멀티캐스트 기법

첫 번째는 MH가 직접 CN(=소스)에 Binding Update 메시지를 통한 자신의 정보를 전달했기 때문에 소스에서 터널링을 통해 해당 멀티캐스트 데이터그램을 직접 받으면 된다. MH가 이동한 정보를 CN이 알지 못할 경우는 데이터그램이 손실되게 된다. 이런 경우에는 Mobile-IPv6의 핸드오프 기법을 이용한다. 즉, 이전망의 Temp HA에서 새로운 망으로 이동한 MH의 바인딩 정보를 유지하고 있기 때문에, TempHA를 경유하는 터널링 방법으로 데이터를 전송 받으면 된다. 이때, 바인딩 정보는 즉시 CN에 전송되어야 한다. 그림 4-(b)가 이 소스노드 즉, CN에서 직접 데이터그램을 받는 예제를 보여주고 있다. 홈 네트워크는 이미 멀티캐스트 그룹의 멤버이므로 그림의 (a)의 경우, MH는 현재 HA에 이웃한 망으로 이동했기 때문에 선택된 TempHA를 통하여 데이터그램을 받으면 된다. 그러나 (b)처럼 원거리로 이동했을 때는 소스에서 직접 데이터를 받거나 또는 MH의 TempHA로부터 데이터가 와야 한다. 즉, (b)에서 보면 데이터그램을 받을 수 있는 경우가 두 경로인데, 이때는 MH와 거리를 계산하여 가까운 곳으로부터 데이터그램을 받는다. 각 망에는 하나의 기지국, 또는 PDSN이 존재한다고 가정한다.

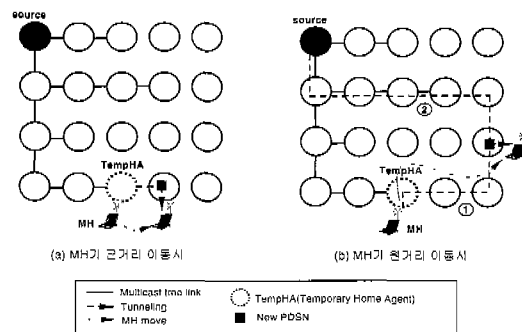


그림 4 핸드오프 기반 멀티캐스트 기법

##### 4.3 MDA-기반 멀티캐스트 기법

다른 경우에는 (그림 5)에서처럼 각 MH에 대한 MDA(Multicast Delivery Agent)를 두는 것이다.

MDA는 항상 멀티캐스트 그룹의 멤버이어야 하고, 새로운 망으로 이동시에는 MH에서 가까운 거리에 있는 MDA로부터 멀티캐스트 데이터그램을 받는 것이다. 따라서 터널링 길이가 짧아진다. 따라서 각 MH는 자신의 MDA 정보를 유지해야 한다. MDA는 MII의 핸드오프 시 재 선택되거나 다시 결정되어야 한다. 초기의 MDA는 자신의 HA가 된다. MDA의 선택은 MH에 의해 직접 이루어지거나 새로운 PDSN에 의해 이루어진다. 새로운 PDSN에 의해 이루어질 경우는 MH에게 알려야 한다. MDA의 대상은 새로운 PDSN이나 이전 TempHA, 또는 가장 인접한 멀티캐스트 그룹노드, CN 등이 될 수 있다. 따라서 기존의 Mobile-IPv4에서의 방법들보다 MDA 핸드오프를 줄일 수 있다. 즉, MDA 대상이 되는 노드들이 망내에 분산되어 존재하므로 MH의 이동성이 균일한 분포로 이루어질 경우는 MDA 핸드오프를 가능한 줄일 수 있어 매우 유리하다.

HA와 MDA의 주된 차이는 MDA는 MH의 위치에 따라 동적으로 변경되지만, HA는 변경되지 않는다. MDA는 멀티캐스트 서비스를 제공하고, HA와 CN은 유니캐스트 서비스를 제공한다. 둘 모두는 동작하기 위해서 디폴트 PDSN을 필요로 한다. 현재 MH를 서비스하고 있는 MDA는 MH 자신이 유지한다. 즉, 각 MH는 멀티캐스트 서비스를 위한 MDA를 유지해야한다. MDA가 변경되었을 때, 새로운 MDA는 MH의 기록을 삭제할 수 있도록 이전 MDA에 알려야만 한다. 그림 5-(b)에서 경로 ①은 TempHA로부터 MH까지 터널링을 하는 경로를 보여주며, 경로 ②는 MDA로부터 해당 MH까지 터널링을 하는 경로를 보여준다. 그림에서 보듯 경로 ②를 선택함으로써 더 짧은 경로의 데이터그램 전달이 가능해진다. 물론 이 경로를 트리에 조인하는 것은 아니며, 그림의 점선 경로는 터널링 경로를 보여주는 것이다.

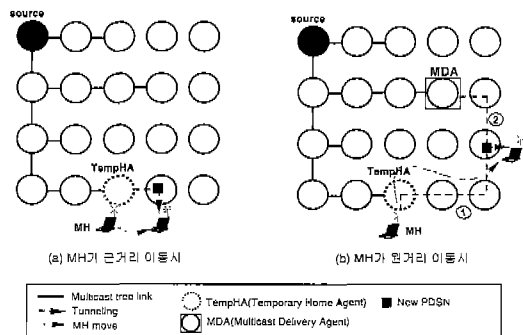


그림 5 MDA-기반 멀티캐스트 기법

기존에 Mobile-IPv4 기반에서 연구된 [14]와의 주된 차이점은 기본적인 개념은 유사하다. 그러나 Mobile-IPv6 멀티캐스트 데이터그램 전송에는 FA를 운용하지 않는다, 이것은 MH의 co-located 주소를 직접 사용하기 때문이다. 따라서 본 연구모델에서도 FA 대신에 직접 멀티캐스트 라우팅에 참가하는 라우터에 대해 New PDSN(또는 NewAR)라는 용어를 사용하였다. 또 다른 점은 본 연구 모델은 터널링만을 사용하는 기법이다. 물론 멀티캐스트 그룹 개념을 사용하지만 이 정보는 알고리즘을 운용하기 위한 자료구조형태로만 유지된다. 즉, 트리의 결합과 분해에 드는 비용을 줄이기 위해 터널링 개념만을 적용한 것이다. 따라서 본 논문에서는 [14]에서 처럼 새로운 트리를 재구성하지는 않는다.

4.3.1 자료 구조

본 논문에서 제안하는 Mobile-IPv6를 위한 멀티캐스트 알고리즘의 자료구조는 (그림 6)과 같다; MH는 자신의 그룹 ID, HA, TempHA, 새로운 망의 IWF인 PDSN, CN, 그리고 자신의 멀티캐스트 서비스를 처리해줄 MDA, 바인딩 시간에 관련된 시간 스텐프 등을 갖는다. 새로운 망의 PDSN은 자신이 멀티캐스트 그룹에 속해 있을 경우 그룹 ID를 갖고, 자신에 붙어 있는 MH 리스트, 각 MH의 이전 에이전트인 TempHA, MDA 등을 갖는다. TempHA의 기능은 소스노드에 바인딩이 완료되지 않았을 경우 대체 경로를 통한 멀티캐스트 데이터그램의 손실을 예방해 준다.

MH table

GroupID	HA	TempHA	NewPDSN	CN	MDA	Time

New PDSN table

GroupID	MH list	TempHA	MDA

TempHA table

GroupID	MH list	NewPDSN	MDA

MH Mobile Host  
 TempHA Temporary HA  
 NewPDSN New Packet Data Serving Node  
 CN Correspondent Node  
 MDA Multicast Delivery Agent

그림 6 자료구조

4.3.2 알고리즘 기술

다음은 새로운 방문자가 네트워크에 들어왔을 때 NewPDSN의 동작을 나타낸다;

5. 성능분석

본 논문에서의 성능분석은 멀티캐스트 데이터그램 전송을 위한 트래픽 량과 주요 멀티캐스트 서비스 노드의

<p>○ MH가 외부망에 도착하였을 때;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>MH는 Mobile-IPv6에 따라 바인딩 정보를 통해 newPDSN와 TempHA에 등록한다. 필요시, 데이터그램이 TempHA에서 터널되었다면, CN에 바인딩 정보를 보낸다.</li> <li>MH는 자신과 관련된 TempHA, NewPDSN 정보 및 그룹 ID를 취득한다.</li> <li>MH는 현재 MDA와의 홉 거리를 계산한다.  <math>IF(Distance(MH,MDA) \geq 2)</math> /* 서비스 홉수가 2홉 거리 이상임 */         <pre> {   H(MDA ← HA) /* Home망을 떠남 */   {     IF(NewPDSN이 멀티캐스트 트리안에 존재)     {       MDA ← NewPDSN;       MH를 서비스중인 NewPDSN를 관련 노드에 알리고 정보 변경;     }     ELSE IF(MG[i]가 멀티캐스트 트리안에 존재)     { /*MG[i]는 현재 MH를 기준으로 i홉 거리에 있는 멀티캐스트 그룹 멤버 */       MDA ← MG[i]; /* 가장 이웃한 멤버가 MDA로 선택 */       MH를 서비스중인 MG[i]를 관련 노드에 알리고 정보 변경;     }     ELSE     {       MDA ← TempHA /* 처음에는 MHA←HA */       MH를 서비스중인 TempHA를 관련 노드에 알리고 정보 변경;     }   } } ELSE { MH를 서비스중인 MDA를 관련노드에 알림 } </pre> </li> </ol>
<p>○ MH에 대한 멀티캐스트 데이터그램이 newPDSN에 도착했을 때;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>newPDSN table에서 MH에 대한 MDA 정보를 찾음;</li> <li>MDA에 연결된 MH_list중에서 해당하는 MH로 터널링을 사용하여 멀티캐스트 데이터그램을 전송;</li> </ol>
<p>○ 멀티캐스트 그룹에 속한 MH에 현재 망을 떠났을 때(time-out으로 짐출);</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>newPDSN table에서 MH에 대한 정보를 삭제;</li> <li>tempHA로 newPDSN을 설정;</li> </ol>

핸드오프 수, 그리고 터널링 및 평균 라우팅 경로들을 성능적으로 고려한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 HA-기반의 기법으로 터널링을 사용하므로, FA-기반의 원격 신청 기법은 성능 비교에서 제외하기로 한다. 그 이유는 본 논문에서 제안하는 기법은 Mobile-IPv6에서는 FA가 존재하지 않고, 또한 트리 재구성을 수행하지 않기 때문이다. 따라서 FA-기반의 멀티캐스트 기법의 특징인 멀티캐스트 트리 재구성 비용에 대한 성능 비교가 불가능하다. 그리고 현재 Mobile-IPv6를 위한 멀티캐스트 알고리즘은 발표된 것이 거의 없기 때문에 기존의 Mobile-IPv4-기반 기법들과 성능을 비교하였다. 성능 비교에서는 본 논문의 MDA 기법과 양방향 터널링을 사용하는 순수한 HA-기반(Pure HA)방법, MoM 기법을 비교한다.

성능분석은 SUN UltraSPAC 20상에서 SLAM II[17]

을 사용하여 이산사건 시뮬레이션(discrete-event simulation) 방법으로 수행하였다. 시뮬레이션에서 사용한 망 구조는 (그림 7)과 같다. 홈 네트워크에는 CN과 IIA가 존재하고, 발생한 데이터그램은 IPv6 중계망을 거쳐 여러 개의 무선망들로 전송된다. 각 무선망은 하나씩의 기지국, 또는 PDSN이 설치되어 있으며, IMT-2000 단말은 이 무선망 사이를 이동하며, 핸드오프를 발생하게 된다. MH가 랜덤한 비율로 이동하게 되면 미리 설정된 멀티캐스트 그룹 멤버 여부에 따라 핸드오프를 처리한다. 여기서는 MDA를 결정하는 것이 가장 중요한 기능이다. 현재 이동한 MH에서 가장 가까운 노드가 MDA로 결정되고, 멀티캐스트 데이터그램을 전송할 MDA가 결정되면, 이 노드로부터 해당 데이터그램을 받는다. MDA가 결정되면 바인딩 및 관련 정보를 갱신하고 MDA로부터 데이터그램을 전송 받는 기능을 처리한다.

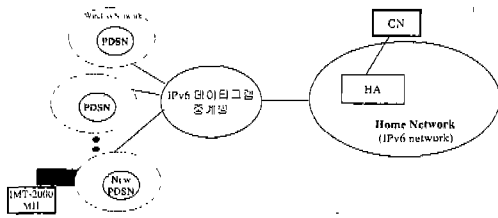


그림 7 시뮬레이션을 위한 망 토폴로지

5.1 성능매개변수

본 논문에서 가정하는 망 위상은 10×10의 메쉬 위상의 무선망을 사용하며, 시뮬레이션 시간은 10,000 시간 단위를 가정하였다. 이동 호스트는 랜덤하게 무선망에 위치하며, 멀티캐스트 그룹내의 소스 수는 하나만을 가정하였고, 멀티캐스트 패킷의 도착 비율은 포아송 분포를 사용하였다. 즉, 멀티캐스트 패킷의 도착 간격은 평균이 λ인 값을 갖는 지수 분포이다. 그 외에 요구되는 성능 매개변수들은 다음 표와 같다.

표 1 성능 매개변수

매개변수	설 명	값
N	무선망의 수	100(10×10)
H	무선망당 호스트 수	10~50
m	이동성	0~1.0
g	그룹 멤버 수(그룹 크기)	10~40
s	멀티캐스트 그룹당 소스수	1
μ	서비스 시간	5 units
T	시뮬레이션 시간	10,000 units

5.2 멀티캐스트 데이터그램 트래픽 부하

이 성능척도는 멀티캐스트 데이터그램을 전달하는데 관련되는 노드의 수로 정의되며, 이것은 멀티캐스트 트리의 노드 수와 터널상의 노드 수를 합한 값이다. 한 무선망 당 호스트 수인 MH 수에 대비한 멀티캐스트 트래픽에 관련된 노드 수로 평가하였다. 세 기법에서 이동성 변수인 m을 0.3(낮은 이동성)과 0.7(높은 이동성)을 사용하였다. 성능분석 결과는 다음 (그림 8)과 같다.

일반적으로 FA-기반의 원격 신청 기법이 가장 낮은 트래픽을 보여준다. 이것은 새로운 FA가 멀티캐스트 그룹에 결합되어 터널이 필요없기 때문이다. 세 기법 모두 이동성이 적을 때 더 나은 성능을 보여준다. 이것은 이동이 적을 때는, 터널이 짧기 때문에 더 나은 성능을 보

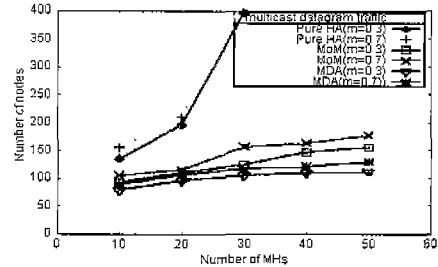


그림 8 멀티캐스트 데이터그램 트래픽 부하

여주게 된다. Pure HA 기법은 호스트 수가 20개를 넘어서면 급격히 트래픽이 많아지며, MoM는 Pure IIA에 비해서는 안정적인 성능을 보여준다. MDA기반의 기법은 다른 HA-기반 기법에 비해 가장 적은 멀티캐스트 데이터그램 트래픽 량을 보여준다. 이것은 터널되는 트래픽 양이 상대적으로 적기 때문이다. 또한 단말의 이동에 그리 민감하지 않은 결과도 보여준다.

5.3 멀티캐스트 지원노드의 핸드오프의 수

높은 이동성하에서는 MII의 핸드오프가 쉽게 일어나므로 멀티캐스트 지원 노드(MDA 또는 DMSP)의 핸드오프는 더 자주 발생한다. 이동 호스트 수가 증가할 때, HA-기반(MoM)과 MDA-기반의 기법은 모두 DMSP 핸드오프는 처음에는 증가하다가 감소한다. 이것은 이동 호스트 수가 충분히 많으면, 외부 망에 있는 많은 방문자들이 동일한 DMSP 또는 MDA에 의해 서비스되기 때문이다. (그림 9) 그래프에서도 MDA 기반 기법은 이동성 비율에 크게 영향을 받지 않음을 볼 수 있다. 한편 다음 그래프에서는 Pure HA 기법은 핸드오프를 지원하지 않는 특별한 노드가 없으므로 그래프에서는 제외하였다. 멀티캐스트 지원 노드의 핸드오프가 자주 일어나게 되면 네트워크 오버헤드를 증가시키므로 결국 전체적인 망 성능이 저하되게 된다.

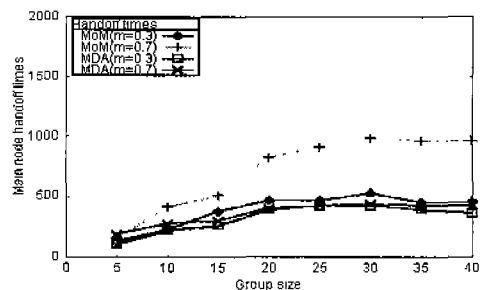


그림 9 핸드오프의 비교

#### 5.4 터널링 길이(Hop 수)

멀티캐스트 기법의 성능을 좌우하는 또 다른 척도는 터널의 길이이다. 터널의 길이가 길면 멀티캐스트 데이터그램을 전달하는 경로가 길어지므로 전체적인 트래픽 부하를 증가시키게 된다. 이 척도는 멀티캐스트 트래픽 부하 그래프에서 일부 반영된 것이다. 그러나 이 성능척도는 중요한 성능요소이므로 터널링 길이만을 다시 분석하였다. Pure HA기법이 터널이 가장 길지만 MoM기법도 많은 터널링을 하는 것으로 측정되었다. 이것은 두 기법들이 HA기법의 터널링에 기인한 것으로 분석된다. (그림 10)에서 처럼 MDA 기법은 최적의 터널링 경로를 보여주었다. 이것은 MH가 새로운 망으로 이동했어도 근처에 멀티캐스트 데이터그램을 지원할 노드가 많음을 증명하는 것이다. Pure HA기법은 MoM에 비해 많은 터널을 하는데, 이것은 다른 HA에 있는 MH가 동일한 외부망으로 이동시에 중복 데이터그램의 전달에 기인한 것이다.

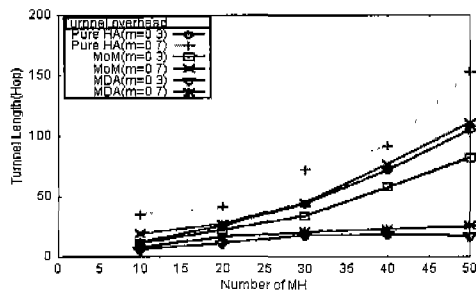


그림 10 터널 오버헤드의 비교

#### 5.5 멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 거리

멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 거리는 소스 또는 멀티캐스트 그룹 멤버로부터 이동 호스트까지의 멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 거리로 측정하였다.

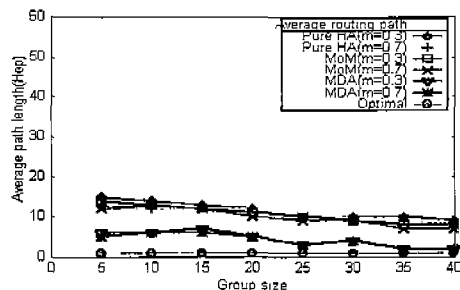


그림 11 멀티캐스트 데이터그램의 평균 라우팅 길이

멀티캐스트 응용에서, 짧은 전달 경로는 매우 중요하다. 특히 지연에 민감한 응용에서는 더욱 그렇다. (그림 11)에서 보여주는 것처럼 동일한 수의 이동 호스트에 대하여는 Pure HA와 MoM는 거의 유사한 성능을 보여주었다. 일반적으로 그룹 크기가 클 경우와 이동성이 높을 경우 라우팅 경로는 더 줄어들었는데, 이것은 멀티캐스트 데이터그램 전달할 노드의 후보자가 더 많아진 결과로 분석되었다. 따라서, 전달 경로는 짧아지게 된다.

#### 6. 결론

본 논문에서는 3GPP2 IMT-2000 서비스를 위해 Mobile-IP over IMT-2000 멀티미디어 응용 서비스를 제공하는데 필수적인 MDA-기반의 Mobile-IPv6 멀티캐스트 알고리즘을 제안하고 이를 분석한다. IMT-2000 시스템 모델은 PDSN 또는 IWF 기능이 각 기지국에 존재하는 분산된 모델을 사용한다. 이 모델하에서 Smooth Handoff를 지원하는 Mobile-IPv6 기반의 멀티캐스트 알고리즘을 기술하고, 이에 대한 성능 분석을 실시하였다. Mobile-IPv4는 현재 IMT-2000망에서 기본 IP 프로토콜로 채택되었으며, 향후 Mobile-IPv6로의 확장성이 기대되므로 본 연구의 중요도가 있다 하겠다. 본 논문에서 제안된 멀티캐스트 기법은 MH에 근접한 MDA라는 멀티캐스트 서비스 노드를 도입하여 가능한 한 터널링의 경로를 짧게 함으로써 평균 멀티캐스트 데이터그램의 라우팅 거리를 줄이려 시도하였다. 또한 멀티캐스트 서비스를 관리하는 측면에서는 기본적으로 HA-기반의 기법이며, 이미 Mobile-IPv4에서 제안된 Pure HA기법과 MoM 기법간에 성능을 비교 분석하여, 멀티캐스트 데이터그램을 위한 트래픽 량, 핸드오프 수, 터널링 길이 및 평균 라우팅 길이 측면에서 제안된 알고리즘이 효율적임을 보였다. 특히 이동성이 높고, 멀티캐스트 그룹의 크기가 클 경우 제안된 기법은 다른 기법들에 비해 매우 우수한 성능을 보여주었다. 차후에 추가적으로 더 연구해야 할 분야는 IWF 기능을 수행하는 PDSN의 세부 스펙 설계 연구와 분석적 모델링을 통한 시뮬레이션의 정당성을 입증하는 연구가 차후에 요구된다.

#### 참고 문헌

- [1] 임병근, "3GPP2 IMT-2000 망에서의 Internet 패킷 서비스를 위한 WIP 망 구조 및 Protocol," 제 18권 6호, pp.15-22, 2000.
- [2] 김영진 외 4, "UMTS 시스템의 GPRS 망에서의 패킷 데이터 전송 기술," 제 18권 6호, pp.23-31, 2000.
- [3] 3GPP2, "Wireless IP Architecture Based on IETF



Protocols," 3GPP2 P.R0001, ver1.0, Jul. 2000.

[4] 3GPP2, "Wireless IP Network Standard," 3GPP2 P.S0001-A, ver1.0, Jul. 2000.

[5] C. Perkins, "IP Mobility Support," IETF RFC 2002, Oct. 1996.

[6] C. Perkins, "Mobility IP," IEEE Communication Mag. pp.84-99, May, 1997.

[7] J.D.Solomon, Mobile IP-The Internet Unplugged," Prentice-Hall, 1998.

[8] C. Perkins, David B. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," IETF draft-ietf-mobileip-optim-10.txt, Nov. 2000.

[9] David B. Johnson and C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," draft-ietf-mobileip-ipv6-13.txt, Nov. 2000.

[10] G. Tsirtsis, A. Yegin, C. Perkins, G. Dommetry, K.El-Malki, and M.Khalil, "Fast Handovers for Mobile IPv6," draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-00.txt, Feb. 2001.

[11] A. Ballardie, P. Francis, and J. Crowcroft, "Core Based Trees : An Architecture for Scalable Inter-Domain Multicast Routing," Proc. ACM SIGCOMM'93, Aug. 1993.

[12] J. Mysore and V. Bharghavan, "A New Multicasting-based Architecture for Internet Host Mobility," Proc. ACM/IEEE MOBICOM'97, pp.161-172, Sep. 1997.

[13] T.G Harrison, C.L. Williamson, W.L.Mackrell, and R.B.Bunt, "Mobile Multicast(MoM) Protocol : Multicast support for Mobile Host," Proc. ACM/IEEE MOBICOM'97, pp.151-160, Sep. 1997.

[14] C.R. Lin and K.M. Wang, "Mobile Multicast Support in IP Networks," IEEE INFOCOM'2000, pp.1664-1672, 2000.

[15] ByoungSeob Park and CheolSu Lim, "Efficient Internetworking Models for Providing Packet Data Service in IMT-2000 Core Network," IEEE 10th PIMRC'99, pp.1535- 1539, 1999

[16] J.D. Solomon, Mobile IP-The Internet Unplugged, Prentice-Hall, 1998.

[17] A.B. Pritsker, Introduction to simulation and SLAM II, Systems Publishing Corporation, 1986



박 병 섭

1985년 ~ 1989년 충북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 학사. 1989년 ~ 1991년 서강대학교 공과대학 전자계산학과 석사. 1991년 9월 ~ 1997년 서강대학교 공과대학 전자계산학과 박사. 1997년 ~ 2000년 국방과학연구소 선임연구원. 2000년 ~ 현재 우석대학교 컴퓨터교육과 재직. 관심분야는 ATM Switch design, IMT-2000 system design, 4G Mobile System, Mobile-IP



김 성 수

1979년 ~ 1983년 충북대학교 공과대학 전기공학과 학사. 1989년 Univ. of Arkansas-Fayetteville 석사. 1989년 ~ 1992년 Intelligent System Center(ISC), MO 근무. 1996년 Inst. of Simulation and Training(미해군연구소) 근무. 1997년 Univ. of Central Florida 공학박사. 1999년 ~ 2001년 우석대학교 전기컴퓨터공학과 근무. 2001년 ~ 현재 충북대학교 공과대학 전기전자컴퓨터공학부 재직. 관심분야는 Communication system, Signal Processing, Fuzzy and Neural network