

---

# Mobile IPv6 망에서 이동 멀티캐스트 지원 방안 에 관한 연구

변태영\*, 김성희\*\*

Study on Mobile Multicast Support over Mobile IPv6 Networks

Tae-young Byun\*, Sung-hee Kim\*\*

---

이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구 되었음\* (KRF-2001-003-E00199)

---

## 요 약

차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6에 대한 관심이 증대되는 반면에 IT 산업 분야에서 이의 활용에 대한 문제 또한 증대되는 실정이다. 특히 미래의 인터넷 기술은 다양한 응용 서비스들이 이질적인 망을 포함하는 All-IP망을 기반으로 할 것이라는 예상 속에서 다양한 응용 서비스의 창출을 위해서는 망 차원에서 이동성과 멀티캐스팅 서비스의 지원이 반드시 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6망에서 이동성 및 멀티캐스트 기능을 지원할 수 있는 새로운 Mobile IPv6 Multicast Protocol(MIMP)을 제안하고 멀티캐스트 전송에 참여하는 단말의 이동성에 따른 데이터 전달 지연 및 데이터 손실률 관점에서 MIMP의 성능을 분석하였다.

## ABSTRACT

The interest for IPv6, which is next generation IP, increases, while the difficulty for adopting it into IT industries also increases too. We also expect that Internet technologies develop on basis of All-IP networks, which include various heterogeneous networks. Therefore, it is necessary for network to support mobility and multicast capability to create applications with wide-variety. In this paper, we propose a new mobile multicasting protocol called Mobile IPv6 Multicast Protocol(MIMP). The proposed scheme satisfies no packet losses from roaming and optimal routing efficiency.

## 키워드

Mobile IP, Multicast, IPv6

## 1. 서 론

이동 멀티캐스트 프로토콜은 동적 그룹 멤버십 관리 뿐만 아니라 동적인 멤버의 위치 관리도 다루고 있다. 인터넷(Internet)에서 지금까지의 멀티캐스트 프로토콜들, 예를 들자면 DVMRP[1], MO-

SPF[2], CBT[3], PIM[4] 등은 호스트의 이동성이 전혀 고려되지 않은 정적인 상태에서 멀티캐스트 트리의 구축 방법을 제시하고 있다. 즉, 하나의 그룹 멤버가 이동을 할 때 마다 매 번 멀티캐스트 트리를 재구축(reconstruction) 하는 것은 과중한 부

담이 들며, 적절한 시점에 트리를 재구축하지 않아서 현재의 상황을 반영하지 않을 경우에는 멀티캐스트 트래픽의 라우팅이 매우 비효율적이고 부정확할 가능성이 높다.

한편으로, 이동 노드(MN: Mobile Node)의 이동성을 고려한 멀티캐스팅 방안으로서 무선 ATM망에 기반한 방안들이 제안되었다. 특히 Ad Hoc 망에서 이동 단말의 멀티캐스트 연결을 관리하기 위한 방안들[5-7]은 제시되어져 있으나 이러한 방안들은 ATM 망을 백본으로 하는 망 구조에서 ATM 기능을 가지는 무선 단말의 이동이 발생할 경우, 패킷 손실을 방지하고 핸드오버를 처리하는 기능을 제공한다. 그러나 이것은 ATM 망과 같은 NBMA(Non Broadcast Multiple Access)을 대상으로 하고 있으며 Cx(Crossover Switch) 발견과 같은 알고리즘의 구현을 필요로 한다.

Xcast[8]는 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해 새롭게 제안된 방안으로 적은 그룹 멤버를 가진 많은 수의 멀티캐스트 그룹을 지원하기에 적합하다. Xcast에서 송신 노드는 Xcast 패킷을 수신하는 노드들의 주소 리스트를 유지한다. 전송되는 Xcast 패킷은 수신 노드들의 주소 리스트를 가지고 hop-by-hop 기반으로 전송된다. XR(Xcast-capable Router)은 Xcast 패킷이 전송될 다음 홉을 결정하기 위해 RIP, OSPF, ISIS와 같은 라우팅 프로토콜로부터의 정보를 사용해서 Xcast 패킷이 전송될 다음 홉을 결정한다. 따라서, Xcast는 중간 라우터간 멀티캐스트 그룹에 참가하고 이 정보를 유지, 교환할 필요가 없기 때문에 보다 효율적인 멀티캐스트 서비스를 제공할 수 있다.

Xcast를 이용한 멀티캐스트 서비스를 Mobile IP[9] 환경에서 지원하기 위해 제안된 방안이 XMIP[9]이다. 하지만, XMIPv4에서는 기존의 MIPv4가 가지는 삼각 라우팅(triangle routing) 문제를 그대로 가지고 있으며, 이동 노드가 이동하는 중 발생할 수 있는 패킷 손실에 대처할 수 있는 방안이 제시되어져 있지 않다. XMIP는 Mobile IP에서 Xcast를 사용하여 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해 제한된 방안이다. Xcast-capable HA(Home Agent)가 Xcast 패킷을 수신하면 자신에게 등록된 MN의 바인딩 정보를 살펴본다. 그런

다음, COA(Care-of-Address)를 기반으로 Xcast 패킷을 전달할 다음 홉을 결정한다. 다음 홉에 따라서 수신측 주소 리스트가 분할되고 다음 홉 당 하나의 패킷을 생성한 다음, Xcast-in-Xcast encapsulation[10]을 수행해서 전송하게 된다. 하지만, XMIPv4는 MIPv4가 가지는 삼각 라우팅 문제를 그대로 가지고 있으며, 이동 노드가 다른 서브네트워크(subnetwork)으로 이동할 경우 심각한 패킷 손실이 발생하는 단점을 내포하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 MIPv6 환경에서 이러한 문제들을 해결하기 위해 MIMP (Mobile IPv6 Multicast Protocol)를 제안한다.

먼저 본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 우리가 제안한 MIMP의 프로토콜 동작 및 주요 자료구조를 소개하였다. 3장에서는 MIMP의 비용을 간단한 수학적 분석을 통해 기존의 방안과 비교하였으며, 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 MIMP의 패킷 손실율과, 평균 경로 길이를 기존의 방안인 XMIPv4와 그 성능을 비교하였다. 마지막으로 결론에서는 본 연구의 향후 연구 방향에 대하여 언급하였다.

## II. Mobile IPv6 Multicast Protocol

### 1. MIMP 네트워크 모델

MIMP는 MIPv6 환경에서 삼각 라우팅 문제와 이동에 따른 패킷의 손실을 최소화하고, RSVP와 같은 프로토콜을 사용하여 QoS 제공을 위한 확장성을 갖도록 디자인 되었다.

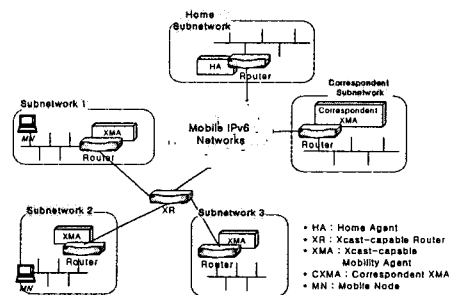


그림 1. MIMP 네트워크 모델  
Fig. 1 Network Model of MIMP

MIMP는 그림 1에서 보는 것과 같이 2계층 네트워크 모델을 가진다. XR은 이동 노드(MN: Mobile Node)가 새로운 서브네트워크로 이동했을 때, Xcast\_Redirection 메시지를 통해 전송한 MN의 HA와 새로운 COA를 일시 저장한다. 이후, XR이 MN로의 Xcast 패킷을 수신하면 MN의 임시적인 바인딩 정보를 바탕으로 Xcast 패킷을 MN이 속한 서브네트워크의 새로운 XMA로 전송한다. 하위의 각 XMA는 한 도메인을 관리하는 Xcast 기능을 갖춘 루트 라우터가 된다. 한 서브네트워크 내에서 이동 노드가 이동했을 때, 이동 노드는 홈 도메인(home domain)으로의 등록 없이 마이크로 이동성(micro mobility)을 지원하는 프로토콜을 통해 그 서브네트워크 내에서 관리된다. 모든 Xcast 패킷은 그 서브네트워크를 관리하는 XMA를 통해 외부로 전송된다.

## 2. 경로 최적화를 위한 바인딩 캐시의 설계

MIMP에서 삼각 라우팅 문제를 해결하고 이동 노드로 최적화된 경로를 통해 Xcast 패킷을 전송하기 위해, 그림 2와 같이 XMA의 바인딩 캐시에 MN의 HA 주소와 COA의 바인딩 정보를 저장하는 XCAST<sub>binding\_cache</sub>가 추가되었다. XCAST<sub>binding\_cache</sub>에 들어가는 정보는 MN의 HA와 MN이 방문한 서브네트워크에서 얻은 COA(참고로, IPv6에서는 별도로 FA가 없으므로, MN이 새로운 서브네트워크에서 획득한 Co-located COA 주소에 해당) 등이다. 여기서, CRP(Cache Reference Pointer)는 이동에 따른 패킷 손실을 최소화하기 위해 수신한 MN로의 Xcast 패킷을 임시로 저장하는 버퍼(즉, cache)를 가리키는 포인터이다. Mobile IPv6에는 각 서브네트워크 마다 XMA가 MN로의 Xcast 패킷을 수신하면 XMA는 이 패킷을 임시 저장한 다음 MN으로 전송한다. 따라서, MN가 이동한 후 새로운 XMA를 통해 이전 XMA로 수신하지 못한 패킷의 전송을 요청하면 이전 XMA는 자신에 저장된 캐시에서 MN로 요청된 패킷을 전송한다.

### [MN 바인딩 캐시 구조]

```
MNbinding_cache = {{MNbinding_info(1), CRP(1)}, {MNbinding_info(2), CRP(2)}, ..., {MNbinding_info(n), CRP(n)}}
```

### [Xcast 바인딩 캐시 구조]

```
XCASTbinding_cache = {{MNHA(1), MNNew_COA(1), MNOld_COA(1)}, ..., {MNHA(m), MNNew_COA(m), MNOld_COA(m)}}
```

그림 2. XMA가 MN의 이동성 관리를 위한 테이블 구조

Fig. 2 Tables for managing Mobile Nodes in XMA

## 3. MIMP 동작

그림 3은 MIMP의 전반적인 동작 절차를 설명하고 있다. (1)MN가 Xcast 패킷을 수신 중에 home 서브네트워크에서 서브네트워크 1로 이동하게 되면, (2)일반적인 MIPv6 등록 절차를 수행하고, (3)Xcast\_Redirection 메시지를 XMA1을 통해 XR로 전송한다. (4)XR은 MN에 대한 임시적인 바인딩 캐시 정보를 생성하고 CN의 XMA(CXMA)로 Redirection\_Request 메시지를 전송한다. 따라서, MIPv6 등록 지연과 Redirection 메시지 전송 지연 동안, XR은 자신의 라우팅 테이블 내 XCAST<sub>binding\_cache</sub> 정보를 바탕으로 MN로의 Xcast 패킷을 XMA1로 바로 전송할 수 있다. XR 내 MN에 대한 임시적인 바인딩 정보는 CXMA로부터 Redirection\_Reply 메시지를 수신하면 삭제된다. (5)CXMA가 Redirection\_Request 메시지를 수신하면 자신의 XCAST<sub>binding\_cache</sub>에 MN에 대한 정보를 추가하거나 수정한다. CXMA가 CN으로부터 Xcast 패킷을 수신하면 XCAST<sub>binding\_cache</sub>를 살펴보고, 만약 자신의 XCAST<sub>binding\_cache</sub>에 MN에 대해 등록된 정보가 있으면 이 정보를 바탕으로 패킷을 직접 MN로 전송한다.

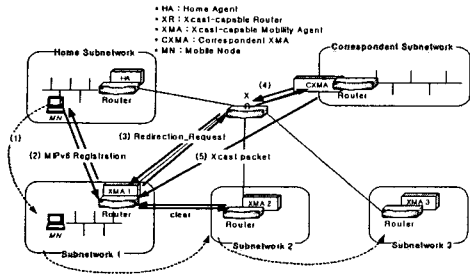


그림 3. MIMP 동작 절차  
Fig. 3 Operational procedure of MIMP

MN가 서브네트워크 2로 이동했을 때, XMA 2를 통해 첫번째 Xcast 패킷을 수신하게 되면, 서브네트워크 1에서 마지막으로 수신한 패킷의 순서 번호와 서브네트워크 2에서 처음 수신한 패킷의 순서 번호를 비교하고, 만약 중간에 손실된 패킷이 있으면 XMA2로 수신하지 못한 패킷의 순서 번호 블록, XMA1의 주소, 자신의 HA, 새로운 COA 그리고 멀티캐스트 그룹 주소 리스트를 포함한 clear 메시지를 XMA 2로 전송한다. XMA 2는 clear 메시지 내 전송된 주소 리스트 중 어떤 것이 자신의 XMA 바인딩 캐시에 있는지 살펴본다. 만약 있다면, Xcast 패킷을 일시 저장하고 있는 캐시를 보고 MN가 요청한 패킷을 자신이 제공할 수 있는지 살펴본다. XMA 2가 제공할 수 있으면 MN로 요청된 패킷을 제공하고, 제공할 수 없다면, 이전 XMA(즉, XMA 1)로 clear 메시지를 전송한다. clear 메시지를 수신한 이동 노드의 이전 XMA는 캐시에서 요청된 패킷을 XMA 2로 유니캐스트 전송한 후 자신의 MN<sub>binding\_cache</sub>에서 MN에 대한 정보를 삭제한다. 이때, 각 Xcast 패킷은 터널링을 통해 XMA 1에서 XMA 2로 전송된다.

### III. 비용 분석

우리는 XMIP와 MIMP의 평균 비용을 분석하기 위해 비용 분석 모델을 생성하였고 비용 분석과 분석 모델은 [11,12]을 기반으로 유도하였다. 그림 4는 분석 모델에서 시스템 구조를 나타낸다.

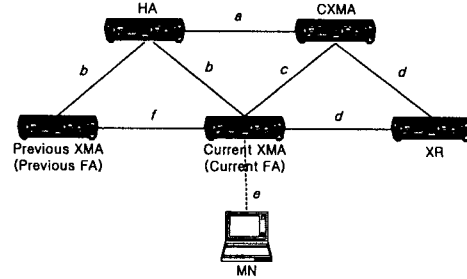


그림 4. 비용분석을 위한 시스템 모델  
Fig. 4 System Model for Cost Analysis

CN은 패킷을 마다 하나씩 패킷을 생성하고, MN은 한 도메인에서 다른 도메인으로 이동한다고 가정한다. 또한, MN의 이동과 CN의 패킷 생성은 상호 독립적으로 발생한다고 가정한다. PMR(Packet to Mobility Ratio)은 MN이 한 도메인에서 다른 도메인으로 이동했을 때, 평균적으로 수신한 멀티캐스트 패킷의 수를 나타낸다. 따라서,  $PMR p = \lambda/\mu$ 이다. PMR  $p$  값이 크면 MN는 천천히 서브네트워크 사이를 이동하고 MN는 한 서브네트워크에 오래 머물게 된다. 우리는 비용 분석을 위해, 두 가지의 비용 요소를 사용한다. 하나는 전송비용(transmission cost)이고 다른 하나는 처리비용(processing cost)이다. 전송비용은 패킷이 전송되는 홉 수로 측정되고, 처리비용은 제어 패킷(control packet)의 처리 시간으로 측정된다. 같은 서브네트워크에 있는 두 노드들 사이의 거리는 1이고, 단일 XMA에 의해 분리된 두 노드 사이의 거리는 2이다. 그림 4에서  $a \sim f$ 는 두 노드 사이의 거리를 홉(hop) 수로 나타낸다.  $r$ 은 어떤 노드에서 제어 패킷을 처리하는 비용이다.  $L$ 은 제어 패킷의 길이 대 데이터 패킷의 평균 길이 비이다. 따라서, 데이터 패킷을 전송하는 비용은 제어 패킷을 전송하는 비용에 비해  $L$ 배 크게 된다.

XMIP에 대해, 이동 노드가 서브네트워크에 방문했을 때, 프로토콜 비용은 아래와 같다.

$$C_{XMIP} = C_{Reg} + C_{oldFA} + C_{newFA} \quad (1)$$

$$C_{Reg} = 2(e + b) + 5 \quad (2)$$

여기서,  $C_{Reg}$ 는 Mobile IP의 등록 비용이다.

$C_{oldFA}$ 는 등록 지연동안 이전 FA에 패킷이 전달됨으로써 발생하는 데이터 손실 비용이다.

$$C_{oldFA} = x \cdot t_{reg\_delay} + C_{red} \quad (3)$$

$t_{reg\_delay}$ 는 이동 노드에서 데이터나 제어 패킷을 처리하는데 요구되는 평균 비용을 나타낸다.

$$t_{reg\_delay} = t_a + t_b + t_e + 3t_r \quad (4)$$

$C_{red}$ 는 HA에서 터널링을 통해 CN에서 MN으로 하나의 데이터 패킷을 전송하는 비용이다.

$$C_{red} = L(a + b + e) + 2r \quad (5)$$

$C_{newFA}$ 는 새로운 FA를 통해 이동 노드로 데이터 패킷이 전송되는 비용을 나타내며  $C_{newFA} = pC_{red}$ 로 계산될 수 있다.

MIMP에 대해, 이동 노드가 서브네트워크에 방문했을 때, 프로토콜 비용은 아래와 같다.

$$C_{MIMP} = C_{Reg} + C_{redirection} + C_{clear} + C_{CH\_T} + C_{oldFA\_Tunne} \quad (6)$$

여기서,  $C_{redirection}$ 는 Redirection 메시지의 전송 비용을 나타낸다.

$$C_{redirection} = 4d + 5r \quad (7)$$

$C_{clear}$ 는 새로운 XMA에서 이전 XMA로 clear 메시지를 전송하는 비용을 나타낸다,

$$C_{clear} = 2f + e + 3r \quad (8)$$

$C_{CH\_T}$ 는 CN에서 MN으로 Xcast 패킷 전송 비용이다.

$$C_{CH\_T} = p(L(a + b + e) + 2r) \quad (9)$$

$C_{oldFA\_Tunnel}$ 은 터널링을 통해 이전 FA에서 새로운 FA로 Xcast 패킷을 전송하기 위한 비용이며  $C_{oldFA\_Tunnel} = L(f+e)$  이다.

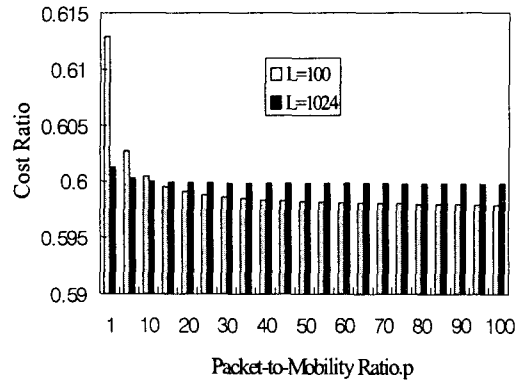


그림 5. XMIP 대 MIMP의 비용률  
Fig. 5 Cost Comparison of XMIP vs. MIMP

그림 5는 XMIP대 MIMP의 비용률 ( $C = C_{MIMP}/C_{XMIP}$ )를 보여준다. PMR(packet mobility ratio)은 MN이 한 서브네트워크에서 다른 서브네트워크로 얼마나 자주 이동하는가를 반영하는 값이다. PMR 값이 크면 한 도메인에 머무는 시간이 길기 때문에, 그림 5처럼 그래프가 비교적 평탄한 곡선을 나타내며 비용율이 낮을수록 더 나은 성능을 가진다. 비용 분석 결과 두 곡선은 1보다 작다. 이는 MIMP가 기존의 XMIP가 가지는 삼각 라우팅 문제를 해결했고, 이동 노드의 이동에 따른 패킷 손실을 최소화했기 때문에 XMIP보다 더 나은 성능을 갖는다는 것을 의미한다.

#### IV. 시뮬레이션

이 장에서는 MIMP와 XMIP의 시뮬레이션을 통해 패킷 손실율과 라우팅 효율성에 대한 성능을 비교한다. 우리의 시뮬레이션에서 네트워크 토폴로지를  $10 \times 10$  격자(mesh)로 구성한다. 한 서브네트워크 내에서 각 이동 노드는 XMA와 연결되고, 여러 XMA는 상위의 XR과 연결된다. 1에서 100개 사이의 MN가 임의로 생성되고 100개의 서

브네트워크에 또한 임의로 위치하게 된다. MN는 시뮬레이션 동안 각 서브네트워크 사이를 이동하게 된다. MN가 생성되어 처음 위치하게 되는 XMA를 자신의 HA로 설정한다. 우리는 모든 MN는 단지 하나의 데이터 소스를 가진다고 가정하고, 데이터 소스는 Xcast 패킷을 마다 하나씩 생성한다. 또한, 우리는 패킷 전송이 신뢰성을 가지기 때문에, 모든 패킷 손실은 MN의 이동으로 인해 발생한다고 가정한다.

우리의 시뮬레이션에서, MN는 한 서브네트워크에서 자신과 인접한 서브네트워크 중 하나로 임의로 이동한다. 이동 패턴은  $(d, t)$ 로 기술한다. 여기서,  $d$ 는 이동 방향이고  $t$ 는 새롭게 방문한 서브네트워크에 머무는 평균 시간이다. MN는 네 방향 중 하나로 이동한다. 예를 들어, 서브네트워크  $(i, j)$ 에 있는 MN는 네 가지의 인접한 서브네트워크, 즉  $(i-1, j)$ ,  $(i+1, j)$ ,  $(i, j-1)$ ,  $(i, j+1)$  중 하나로 이동한다.

시뮬레이션에서 획득한 값의 신뢰성을 높이기 위하여 우리는 안정 상태(stable state)에서 값을 추출하였으며, 이를 위해 총 시뮬레이션 시간의 20%가 지난 시간부터 패킷 손실율과 패킷이 경유한 홉 수를 측정하여 기록하였다. 또한 각 시뮬레이션 파라미터에 대해 매 10번씩 시뮬레이션을 수행하고 그 결과의 평균값을 얻는다.

그림 6에서 두 곡선은 소스에 의해 전송된 총 패킷의 수에 대한 MN의 이동중 발생한 패킷 손실율(%)을 나타낸다. 그림 6은 MIMP가 MN의 이동으로 인한 패킷 손실이 거의 없음을 보여준다. 반면에, XMIP는 한 서브네트워크에 머무는 시간 즉, 평균 서비스 시간이 짧은 경우 심각한 패킷 손실이 발생함을 보여준다.

그림 7은 CN에서 MN로 향하는 각 Xcast 패킷이 경유하는 평균 홉 수를 비교하였다. 그림 7은 우리가 제안한 방법이 IPv6의 경로 최적화 특성을 잘 이용함으로써 비교적 최적화된 라우팅 효율성을 가지고 있음을 보여주고 있다. 또한 XMIP에 비해 패킷 전송 지연이 낮기 때문에 보다 나은 멀티캐스트 서비스를 제공해 줄 수 있음을 보여준다.

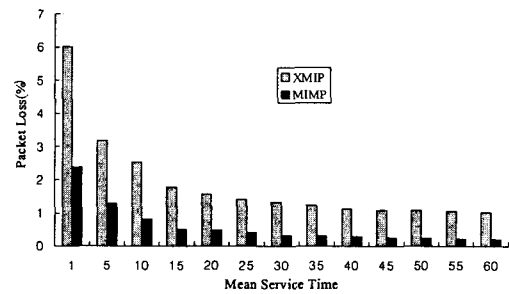


그림 6. 패킷 손실율  
Fig. 6 Packet Loss Ratio

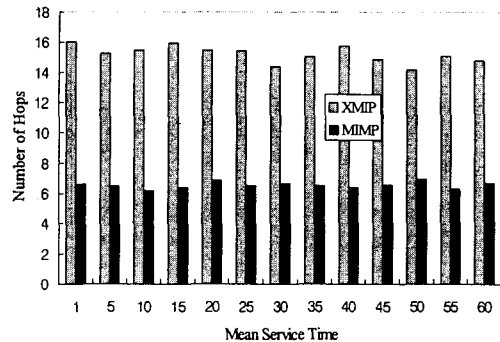


그림 7. 평균 루트 경로 길이  
Fig. 7 Average Route Path Length

## V. 결론

본 논문에서, 우리는 MIMP라는 새로운 이동 멀티캐스트 지원 방법을 제안하였으며 이 방법은 MN의 이동 중 발생할 수 있는 패킷 손실을 최소화하고 최적화된 경로를 통해 패킷을 전송한다. 이러한 특징을 제공하기 위해, XMA와 Xcast 라우터의 기능이 확장되었다. 각 XMA와 Xcast 라우터는 MN가 새로이 이동한 서브네트워크를 나타내기 위한 바인딩 캐시를 가진다. 따라서, Xcast 패킷은 바인딩 캐시 정보를 바탕으로 송신 측에서 MN로 직접 전송될 수 있고, 이동 노드의 이동 중 발생한 패킷 손실을 보전할 수 있다. 우리는 XMIP와 MIMP의 성능을 비교하기 위해 간단한 비용 분석 모델을 개발했고 시뮬레이션을 수행했다. 우리가 수행한 비용 분석과 시뮬레이션 결과는 XMIP와 비교해서 MIMP가 전송 비용, 안정

성의 관점에서 더 나은 성능을 가지며, 또한 패킷이 비교적 최적화된 경로를 통해 전송됨을 보장한다.

참고 문헌

- [1] D. Waizman, C. Patridge, S. Deering, "Distance vector multicast routing protocol," RFC 1075, Nov. 1988
- [2] J. Moy, "Multicast Extension to OSPF," Communications of the ACM, Aug. 1994
- [3] A. Ballardie, P. Francis, and J. Crowcroft, "Core Based Trees(CBT) Multicast Routing Architecture," RFC 2201, Sep. 1997
- [4] S. Deering, D. Estrin, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM) : Protocol Specification," RFC 2362, IETF, June 1998
- [5] C. K. Toh, "The Design and Implementation of a Hybrid Handover Protocol for Multimedia Wireless LANs," MOBI-COM'95, Nov. 1995.
- [6] C. K. Toh, "Crossover Switch Discovery Schemes for Fast Handovers in Wireless ATM LANs," ACM Journal on Mobile Networks and Applications, 1996
- [7] C. K. Toh, "Performance Evaluation of Crossover Switch Discovery Algorithm for Wireless ATM LANs," ACM Journal on Mobile Networks and Applications, 1996
- [8] R. Bovie, "Explicit Multicast Basic Specification," draft-ooms-xcast-basic-spec-02.txt, Mar. 2001
- [9] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," draft-ietf-mobileip-rfc2002-bis-06.txt, June 2001
- [10] J. Lee, "Xcast Encapsulation", draft-lee-xcast-encap-00.txt, IETF Draft Document
- [11] Jiunn-Ru Lai, "Mobile multicast with routing optimization for recipient mobility," IEEE International Conference, 2001
- [12] R. Jain, "Mobile Internet Access and QoS Gurantees Using Mobile IP and RSVP with Location Registers," IEEE INFOCOM, 1998

저자 소개



**변태영(Tae-Young Byun)**

1994년 2월. 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

1997년 2월. 경북대학교 컴 퓨터공학과 (공학석사)

2000년 2월. 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

1998년 3월. ~ 2000년 2월. (주)새빛정보 대표이사

2000년 3월. ~ 2003년 8월. 경주대학교 컴퓨터전자공학부 조교수

2003년 9월. ~ 현재. 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 조교수

**김성희(Sung-Hee Kim)**

2001년 2월. 부경대학교 컴퓨터과학과 (이학사)

2003년 2월. 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

2003년 3월. ~ 현재. LG전자 정보통신사업본부 기업통신연구소 SW개발그룹 (연구원)