

# MRT 에이전트를 통한 Mobile IP 라우팅 최적화에 관한 연구

정회원 김보균\*, 홍충선\*\*, 이대영\*\*

## A Study on the Mobile IP Routing Optimization through the MRT Agent

Bo-Gyun Kim\*, Choong-Seon Hong\*\*, Dae-Young Lee\*\* *Regular Members*

### 요 약

IP 네트워크에서 이동시스템에 대한 원활한 이동성 제공은 무선인터넷의 주요한 이슈이다. IETF에 의해 표준화된 IP 이동성 지원은 홈 에이전트로부터 방문 에이전트까지 IP 패킷의 터널링을 지원하며, 방문에이전트에서 홈에이전트로 역방향 터널링을 지원한다. 이 논문에서 진입필터링 라우터 환경에서 IP 단말의 이동으로 인해 발생하는 패킷의 트라이앵글 라우팅의 문제점을 해결하고, 핸드오프 지연으로 인한 패킷손실 발생을 최소화하는 방법을 제안한다. 각 경계 라우터에 모바일 라우팅 테이블을 유지한 라우팅 에이전트의 동작을 통해, 핸드오프 발생시 각 노드의 처리 메시지의 부하를 줄이고, MN에서 CN으로의 역방향 메시지 전송에 대하여 FA에서 HA를 경유하여 메시지를 전달하지 않고 직접 CN의 라우터로 전달하는 직접 라우팅을 통해 메시지 전달 경로를 줄였으며, 이를 통해 패킷 손실을 줄이는 방법을 제안하였다. 표준 MIP, 라우팅 최적화 MIP, Wu의 방법과 제안 알고리즘의 비교를 통해 실험 결과를 제시하였으며 마지막으로 결론을 제시하였다.

Key Words : Mobile IP; MRT agent; Direct Routing

### ABSTRACT

It is a mainly issue that provide mobility smoothly in Mobile IP networks. The IP mobility support being standardized in the IETF utilized tunneling of IP packets from a home agent to foreign agent and utilized reverse tunneling of IP packets from foreign agent to home agent. In this paper, We propose that solve the triangular routing problem in IP mobility and that lessen the messages about IETF routing optimization. Through the Mobile Routing Table on the edge router, agent process the message instead of a end node when handoff occur and that lessen the routing path length by sending directly from FA to to Correspond Node's router. This action lessen the message occurrence frequency and the packet drop. We compare the standard IP, Routing Optimization of Mobile IP, Wu's method and the proposed algorithm. Finally, the simulation results are presented.

### I. 서 론

차세대 정보통신망이 IP 기반으로 발전함에 따라 IP 망에서의 이동성 지원 기술인 Mobile IP에 대한 관

심이 증가하고 있다. 또한 셀룰라 폰 네트워크와 인터넷 서비스의 폭발적인 시장 팽창에 따라, 무선 데이터 통신이 비즈니스를 위한 차세대 후보로 부각되었다. 인터넷 프로토콜인 IP 기반에서 음성을 실

\* 제주한라대학 정보통신계열(kbg@hc.ac.kr), \*\* 경희대학교 전자정보학부(cshong@khu.ac.kr, dylee@khu.ac.kr)  
논문번호 : 030181-0429, 접수일자 : 2003년 4월 29일

어보내는 VoIP 기술이 각광을 받고 있으며, 이동통신에서는 ALL-IP기반에서 통신망을 구축하려는 표준화 작업이 진행되고 있다[1][2]. 무선 액세스 네트워크 환경에서 ALL-IP 시스템은 종단 사용자에게 핸드오프를 제공해야한다[3]. 이를 위해 IP는 사용자 이동성을 지원해야 하며 모바일 호스트가 홈 네트워크에서 방문 네트워크로 이동할 때, 단절없는 인터넷 연결을 제공해야 한다.

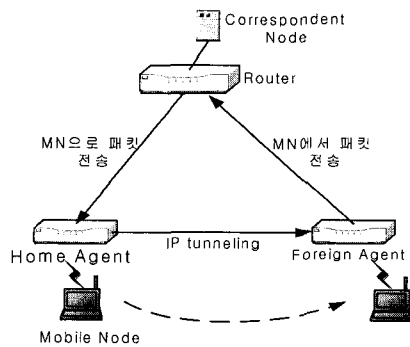


그림 1. MIP 프로토콜

Mobile IP(MIP) 기법은 그림 1과 같이 인터넷에서 무선 기기에 단절없는 로밍을 제공하기 위한 방법이다[4][5][6][7]. 그러나 MIP와 관련하여 트라이앵글 라우팅, 호스트의 홈 어드레스와 임시 어드레스 필요, 터널링 관리와 같은 문제들이 존재한다.

트라이앵글 라우팅 문제 해결을 위해 모바일 노드(MN)의 현재 IP 어드레스를 대응 노드에 알려주기 위해 바인딩 업데이트를 사용하는 라우팅 최적화 알고리즘(ROMIP : Route Optimization in Mobile IP)[9]이 제안되었다. 그러나 라우팅 최적화 기법은 몇 가지 결점을 갖고 있다[7][8].

본 논문은 라우팅 최적화를 위해 단말이 아닌 에이전트에서 라우팅을 관리하여 전체 시스템의 발생 메시지 패킷을 줄임으로써 시스템 부하를 줄이고자 하였으며, 진입필터링(ingress filtering) 정책을 채용한 라우터를 사용하고 있는 시스템에서 대응노드(CN)의 라우터와 FA간의 터널링을 가능하게 하여 통신하고 있는 MN의 핸드오프가 발생할 때, MN에서 CN으로 메시지 전송시 메시지의 전달경로를 줄임으로써, 핸드오프 지연에 의한 패킷 손실을 줄이고자 하였다. 따라서 손실없는 핸드오프를 위해 MIP 프로토콜을 변경하여 순탄하고 빠른 핸드오프가 수행되도록 할 것이다.

1장에 이어 2장에서는 MIP의 라우팅 관련 알고리즘의 동작과 문제점을, 3장에서는 MRT를 채용한

제안 알고리즘의 직접 라우팅 방법을 제시할 것이다. 4장에서는 실험 방법 및 결과를 제시하였으며 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존 MIP 라우팅 알고리즘

모바일 무선 네트워크에서 모바일 종단 사용자에게 데이터 서비스를 제공해야 하며, 이를 위해 이동성 관리를 지원할 수 있는 다양한 All-IP 기반 프로토콜이 연구되어왔다[4].

### 1. MIP 기본동작

CN에서 MN으로 메시지 전송시, MN이 핸드오프가 발생하여 FA로 이동하였을때 CN에서 전송된 패킷에 대해 HA는 MN의 새로운 CoA로 패킷의 캡슐화를 수행한 후 터널링한다. 터널의 반대편 끝에서 FA는 캡슐 해제를 하며, MN으로 전달한다. 반대로 MN에 의해 보내어진 패킷은 HA를 통과하여 전달되지 않고, 기존의 IP 라우팅 메커니즘을 사용하여 도착지에 라우팅된다[11][12]. 즉 CN에서 MN으로 보내어지는 패킷은 MN이 홈에서 벗어나 있을 때, HA를 거쳐 전달되지만, MN에서 CN으로 향하는 패킷은 도착지로 직접 라우팅된다. 이러한 비대칭적인 라우팅은 트라이앵글 라우팅 문제로 불리며 그림 1에 제시되었다.

### 2. MIP 라우팅 알고리즘의 문제점

MIP은 모바일 사용자의 핸드오프 이동성을 유지하며, 다중의 실시간 서비스와 고품질의 서비스를 지원해야 한다. 그러나 표준 MIP은 모바일 사용자가 HA에서 FA로 로밍할 때, 트라이앵글 라우팅 문제가 발생되며, 이는 긴 패킷 전송 시간으로 인하여 핸드오프 지연을 초래하며 패킷 손실을 유발한다. 라우팅 최적화를 위한 ROMIP가 표준 MIP에서 트라이앵글 라우팅 문제를 해결하기 위해 제안되었다. ROMIP에서 호스트 캐쉬 어드레스 바인딩에 따라, 캐쉬에 어드레스 바인딩이 존재할 때, FA로 이동한 특정 호스트에 전달되는 패킷은 HA를 거치지 않고 직접 터널링 된다. 이 방법은 라우팅 오버헤드를 줄이기 위해 송신노드에서 직접 현재 MN이 위치한 FA로 패킷을 전송한다. 하지만 이 방법은 MN, CN에서 바인딩 캐쉬를 유지해야 하며, 바인딩캐쉬의 유지를 위해 HA나 CN과 메시지를 송수신하여야 하기 때문에 이는 전체 시스템의 입장에서 과도한 메시지 흐름을 유발하여 시스템의 성

능을 저하시킨다.

각 노드의 과도한 메시지 처리부담을 줄이기 위해 바인딩 캐쉬와 메시지 전송을 위한 캡슐화의 수행을 에이전트에서 수행하는 에이전트 기반의 라우팅 알고리즘[14][16]이 제안되었다.

에이전트 기반 라우팅 알고리즘은 각 노드에서 처리해야 하는 메시지들을 에이전트나 라우터에서 처리하게 함으로써, 발생 메시지의 수를 줄일수 있으며, 이로인해 전체 시스템의 부하를 줄일수 있다. 또한 에이전트나 라우터에서 메시지를 처리함으로써 각 단말에서 메시지를 처리하는 ROMIP 알고리즘보다 빠른 메시지 처리를 할 수 있기 때문에 핸드 오프 발생시 메시지 처리지연으로 인한 패킷 손실을 줄일 수 있다. 하지만 이 방법들은 MN에서 CN으로의 메시지 전송시 HA를 경유하여 컨트롤 메시지를 전달하는 트라이앵글 컨트롤 메시지 전달 방식을 취함으로써, 메시지 전달 지연의 문제점이 여전히 남아있다[15].

표준 MIP은 MN에서 CN으로 데이터를 전송할 때 HA를 거치지 않고 직접 CN으로 전송한다. 그러나 표준 MIP은 IP Spooping 침입과 같은 문제가 발생하므로 최근 진입 필터링 정책을 채용한 라우터가 증가하고 있는 추세이다[10]. 진입필터링 라우터는 위장된 DoS(Denial of Service)에 대비하기 위하여 패킷의 소스 어드레스가 올바르지 않은 패킷을 폐기한다. 진입 필터링 라우터는 방문 네트워크에서 MN이 소스 어드레스로써 홈 어드레스를 사용하여 직접 대응노드로 패킷을 전송하지 못하게 한다.

진입 필터링을 채용한 라우터 환경에서 FA에서 CN의 라우터로 직접 라우팅이 불가능하므로 역 터널링(reverse tunneling)을 통해 이를 해결하는 방법을 제안하였다[17]. 진입필터링 정책에 의한 패킷 손실을 피하기 위해 MN의 CoA에서 HA로 역 터널을 설정하여, MN은 역 터널로 HA까지 자신이 보내고자 하는 패킷을 터널링 시키고, HA는 이 패킷을 CN으로 전송한다. 하지만 역 터널링은 MN에서 CN으로 보내는 데이터에 대하여 HA를 경유하는 역방향 트라이앵글 라우팅 구조이므로 전송시간이 지연된다.

이러한 진입필터링과 역방향 터널링에 대한 해결방법으로 IPv6는 방문 네트워크에서 직접 대응 노드로 패킷을 전송하는 방법을 제시하였다[13]. 이를 위해 MN은 IP 헤더의 소스 어드레스로써 CoA를 사용하며, 본 논문에서도 패킷의 직접 전송을 위해 이 방법을 채택하였다.

### III. MRT 에이전트를 통한 직접 라우팅 방법

MRT 에이전트 라우팅의 구성 요소는 표준 MIP과 유사하며, 각 에이전트는 바인딩캐쉬에 해당하는 모바일 라우팅 테이블을 유지한다. 에이전트에서의 라우팅 테이블 유지는 ROMIP에서와 같이 모든 노드에서 바인딩 캐시를 유지하고 실행함으로써 발생하는 전체 시스템 부하증가를 줄일 수 있다.

그러므로 모바일 에이전트에 MRT를 통해 노드의 바인딩 캐시는 제거되며, MN은 바인딩 캐쉬 없이도 인터넷워킹이 가능하므로써 바인딩캐쉬의 유지를 위한 부하를 줄일수 있다.

#### 1. 모바일 라우팅 테이블 [14]

MRT는 표준 MIP에서 사용되는 어드레스 매핑 테이블의 확장으로서, HA, FA와 CN의 라우터에 의해 유지된다. MN의 CoA를 기록하고 CN에서 MN으로 패킷 터널링에 사용된다. 레코드는 MN의 홈 IP 어드레스, MN의 현재 CoA, V 플래그와 최종 소멸 시간(Last-Elapsed Time : LET) 필드로 구성 되어있다. V 플래그는 비트 플래그이며, MN의 현재 위치 정보를 기록하는데 플래그가 0이면 MN은 홈 네트워크에, 1인 경우 외부 네트워크에 존재함을 나타낸다. LET 필드는 MN과 CN간 전송 세션에서 마지막 패킷이 에이전트를 통과한 순간을 나타낸다. MRT의 예가 표1에 제시되었다. 비어있는 CoA 필드는 MN이 현재 홈 네트워크에 있음을 나타낸다.

표 1. MRT 구성

Home Address	CoA	V-Flag	LET
140.134.28.17	140.134.30.23	1	2830
140.134.28.3	-	0	2847
140.113.2.14	163.22.2.250	1	2816

MN, CN은 활성 또는 비활성 상태를 갖는다. 노드가 다른 노드에 패킷을 전송할 때 활성 상태이며, 어떤 패킷도 전송하지 않을 경우 비활성 상태이다. 노드가 활성 상태일 때, MRT의 해당 레코드는 유지되어야 한다. 또한 활성 상태 종료(Active State Timeout : AST)는 MN이 비활성 상태로 들어갔을 때와 패킷 전송이 종료되었을 때 간의 시간차를 의미하며, AST는 MRT에 존재하는 MN과 관련된 레코드의 생존 주기와 일치한다.

그림 2의 상태 전이도는 활성, 비활성 상태의 동작을 보여준다.

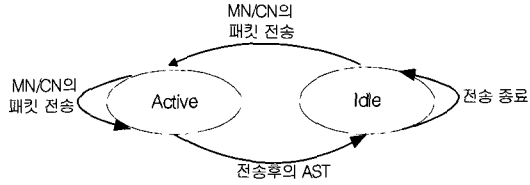


그림 2. 상태 전이도

2. 직접 라우팅 방법

MN이 FA로 이동하였을 때, MN과 처음으로 통신을 원하는 CN은 이동노드가 이동하였음을 알지 못하므로 MN의 HA로 데이터를 전송한다. 이를 수신한 HA는 수신 데이터에 대하여 MN이 이동한 해당 FA로 데이터를 터널링한다. FA는 해당 패킷을 MN으로 전송하는 한편 FA는 패킷을 전송한 CN의 라우터가 MRT 정보를 갖고 있지 않다고 판단하고 CN의 라우터로 직접 MRT 업데이트 메시지를 전송하여 MN의 CoA를 알린다.

CN의 라우터가 CN에서 MN으로 보내는 패킷을 수신하고, MRT에 MN에 대한 IP 어드레스가 존재한다면 에이전트는 직접 패킷을 라우팅할 것이다.

반대로 MN에서 CN으로 보내는 데이터를 FA가 수신하였을 때, 자신의 MRT에 CN의 IP 어드레스가 존재한다면 패킷은 캡슐화를 거쳐 CN의 라우터로 직접 라우팅될 것이다. 존재하지 않는다면 역방향 터널링을 이용하여 MN의 HA로 캡슐화된 패킷이 전송되며, HA는 캡슐해제를 수행하고 CN의 라우터로 해당 패킷을 전송한다. 그림 3은 직접 라우팅의 동작이다.

이때 패킷의 IP 헤더의 소스 주소는 홈 어드레스 주소이며, CN의 라우터는 메시지 소스 주소 필드에 있는 CoA 주소와 MRT에 존재하는 홈 주소를 교체하여 상위계층으로 전송할 수 있어야 한다.

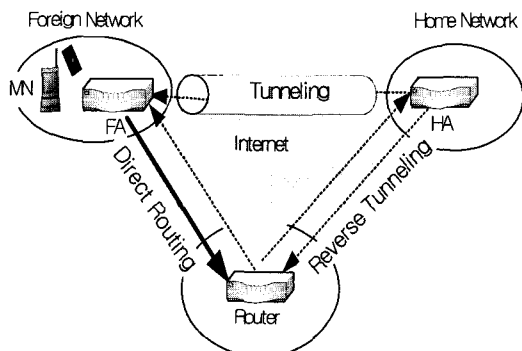


그림 3. 제안된 직접 라우팅

3. MRT 동작 과정

MN이 홈 네트워크에서 핸드오프가 발생하여 외부 에이전트 영역으로 이동하였을 때, MRT 바인딩 캐시 엔트리 관리를 위해 다음 메시지를 사용한다.

(1) MRT 등록

MN에서 FA로 보내며, FA는 HA에 해당 메시지를 전송하며, HA는 MN의 CoA를 등록한다.

(2) MRT 업데이트

HA와 FA에서 CN의 라우터로 보내지며 MN의 현재 CoA를 전달한다. FA에서 CN의 라우터로 MRT Update 메시지의 전송시 직접 라우팅을 통하여 메시지를 전송한다.

(3) MRT 응답

HA가 MN으로부터 MRT 등록 메시지를 받거나, CN의 라우터가 MRT Update 메시지를 받았을 때, HA에서 MN으로 회신되거나, CN의 라우터로부터 HA나 FA에 메시지를 전달한다.

MRT 등록과 업데이트 과정은 그림 4에 제시되었다. 홈에서 벗어난 MN은 MRT 등록을 위해 HA로 MRT Registration 메시지를 보낸다. HA는 MRT 등록 메시지를 정상적으로 수신했을 때, MRT Acknowledgement 메시지를 MN에 보낸다. 반면 HA는 FA와 CN의 라우터에 MRT update 메시지를 보낸다. FA와 CN의 라우터는 HA에 MRT Acknowledgement로 응답한다.

테이블의 적절한 크기 유지를 위해 MRT는 주기적으로 갱신되어야 한다. 갱신 빈도는 시스템에서 적절히 사전 조정된다.

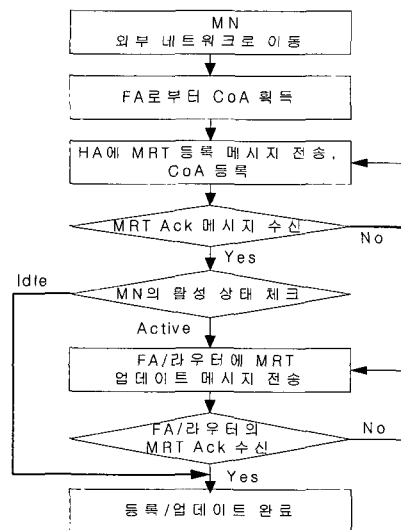


그림 4. MRT 등록/업데이트 흐름도

이를 위해 LET 필드를 체크하여, MN이 비활성 상태로 빠졌을 때, MN의 해당 레코드를 삭제한다. V 플래그 값이 0이면 MN은 항상 활성상태이며, 이때 MRT의 해당 레코드는 유지되며, 현재 시간과 LET의 차가 AST보다 크면 레코드는 삭제된다.

패킷이 전송될 때, 에이전트는 목적지 IP 어드레스가 자신의 MRT에 존재하는지를 확인한다. 존재하지 않는다면, 패킷은 기존의 MIP 라우팅 프로토콜을 사용하여 보내지며, 존재한다면 패킷은 관련 레코드의 CoA로 보내진다.

CN에서 MN으로 향하는 패킷을 HA가 수신하였을 때, HA는 자신의 MRT를 찾아 도착지 IP 어드레스가 존재하는지 여부를 판단한다. 존재하지 않는다면 HA는 패킷의 목적지 IP 어드레스가 틀렸다고 판단하여 패킷을 폐기하며, 존재한다면 V 플래그를 체크한다. V 플래그 값이 0이면 MN은 홈 네트워크에 존재하는 것이며, 패킷은 MN으로 직접 전달된다. 플래그 값이 1이면 MN은 외부 네트워크에 존재하는 것이며, HA는 MN의 CoA로 패킷을 터널링한다. 터널링 패킷을 수신한 FA는 자신의 MRT에 해당 CoA 필드가 존재하지 않는다면 HA와 CN의 라우터로 MRT update를 요구하는 MRT update 메시지를 보낸다.

4. 제안 라우팅 세부동작

핸드오프가 발생하였을 때 라우팅의 세부 동작을 MN의 이동영역에 따라, HA→1st FA, 1st FA→2nd FA 이동 핸드오프로 구분하였다.

4.1 HA→1st FA 핸드오프

- CN의 패킷 전송 시작
- CN의 라우터는 목적지 IP 어드레스를 MRT에서 찾는다. 존재한다면 CoA로 터널링하며, 이 과정의 마지막 단계로 간다. 존재하지 않는다면 패킷은 목적지 IP 어드레스로 보내어진다.
- HA는 CN의 라우터에서 보낸 패킷을 가로챈다.
- HA는 MRT에서 목적지 IP 어드레스를 찾는다. 존재하지 않는다면 패킷을 폐기한다.
- HA의 MRT에 목적지 IP 어드레스가 존재한다면, 해당 필드의 V 플래그 값을 체크한다. V 플래그가 1이라면 HA는 CoA를 기준으로 FA로 터널링한다. 플래그가 0이면, MN에 직접 패킷을 전달한다.
- HA는 CN의 라우터에 MRT update 메시지를 보낸다.
- MRT update 메시지 수신 후, CN의 라우터는

MRT를 업데이트 한다.

-CN의 라우터는 MRT Acknowledgement 메시지를 송신한다.

-CN의 라우터 MRT에서 해당 필드의 CoA에 의해 이후 패킷은 새로운 CoA로 직접 보내어진다.

-FA는 수신패킷의 캡슐해제 후, MN으로 전달한다. CN에서 MN으로의 패킷 전달 과정은 다음 루틴에 의해 처리된다.

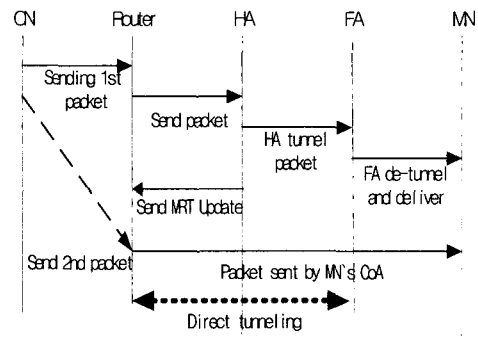


그림 5. CN←→MN 메시지 흐름도

또한 이때 CN과 MN간의 메시지 흐름도는 그림 5에 제시되었다. HA가 CN의 라우터로 MRT update를 전송하였을 때, CN의 라우터는 MN의 CoA 정보를 MRT에 저장한다. 이 후 CN에서 MN으로 보내지는 패킷은 직접 CN의 라우터에서 FA로 전송되며, 마찬가지로 MN에서 CN으로 향하는 패킷도 직접 라우팅에 의하여 HA를 경유하지 않고 FA에서 CN의 라우터로 라우팅된다.

4.2 1st FA →2nd FA 핸드오프

- MN이 현재 FA에서 새로운 FA 영역으로 다시 이동할 때, 방문 서브 네트워크의 FA로부터 새로운 CoA를 할당받는다.
  - New FA는 CN의 라우터에 MRT Update 메시지를 보낸다. Update 메시지를 받은 CN의 라우터는 MRT Acknowledgement를 보낸다.
  - New FA와 CN의 라우터간에 Direct tunneling이 생성된다.
  - New FA는 HA에 Send MRT Registration을 보낸다. HA는 New FA에 MRT Acknowledgement 메시지를 보낸다.
  - MN은 이전 FA에 할당 채널과 CoA 해제 메시지를 보낸다.
- 2nd FA 핸드오프 과정의 메시지 흐름도가 그림 6에 제시되었다.

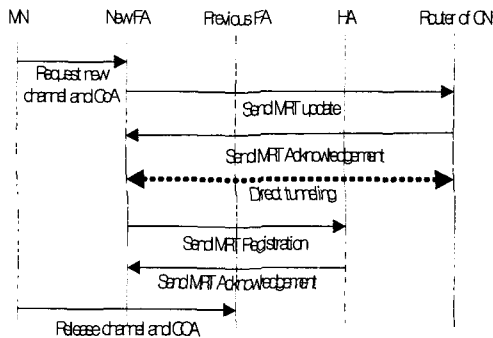


그림 6. 2nd FA 핸드오프에 대한 메시지 흐름도

IV. 실험 및 결과

표준 MIP, ROMIP, Wu 알고리즘과 제안 MIP 알고리즘의 성능 평가를 위해 시뮬레이터를 구성하였다. 시뮬레이션을 위한 토폴로지는 그림 7과 같다. HA, FA, Router, CN, MN이 설계되었으며, HA, FA와 CN의 라우터는 진입필터링 정책을 사용하는 라우터이다. 유선구간의 대역폭은 100Mbps이며, 무선구간의 대역폭은 5Mbps로 설정하였다. CN에서 전송되는 패킷의 전송률은 1Mbps로 일정하며, 유선구간의 전송지연은 100ms, 무선구간의 전송지연은

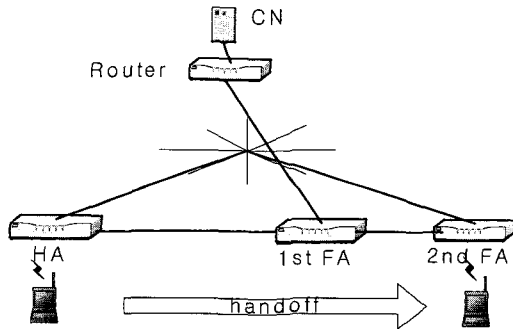


그림 7. 시뮬레이션 토폴로지

20ms로 설정하였다. 핸드오프시 패킷 손실 측정은 다른 패킷 크기별로 측정되었으며, 사용된 패킷 크기는 100~2000 바이트이다. 측정시간은 600초이다. 2nd FA로의 핸드오프시 전송 시간의 도식적 측정을 위해 다음 파라미터를 고려하였다.

- Δ1 : CN과 CN의 라우터간 패킷전송 요구 시간
- Δ2 : CN의 라우터와 HA간 패킷전송 요구 시간
- Δ3 : CN의 라우터와 FA1간 패킷전송 요구 시간
- Δ4 : CN의 라우터와 FA2간 패킷전송 요구 시간
- Δ5 : HA와 FA1간 패킷전송 요구 시간

- Δ6 : FA1과 FA2간 패킷전송 요구 시간
- Δ7 : MN과 FA2간 패킷전송 요구 시간

표준 MIP에서 MN이 홈 네트워크를 벗어났을 때, 패킷은 홈 어드레스로 보내어지며 HA에 의해 가로채어지고 CoA로 터널링된다. ROMIP에서 HA를 경유하지 않고 직접 CN의 라우터에서 FA2로 데이터가 전송되어 라우팅 경로상의 최적화는 일정부분 이루어졌지만 CN에서 CN의 라우터까지의 전송시간과 FA2에서 MN으로의 전송시간이 추가로 필요하다. 반면 Wu의 방법과 제안 알고리즘은 CN의 라우터와 에이전트에서 CN, MN까지의 경로가 줄어들기 때문에 전송 경로상에 이득을 얻을 수 있다. 전송시간 비교에서 이동 후 첫 번째 패킷을 수신한 후, 바인딩캐쉬나 MRT는 이미 업데이트 되어 있다고 가정한다. CN에서 MN으로의 메시지 전송시간에 대한 분석이 표2에 제시되었다.

표 2 CN→MN 컨트롤 메시지 전송 시간 비교

구조	CN→MN 전송 시간
표준 MIP	$\Delta1+\Delta2+\Delta5+\Delta6+\Delta7$
ROMIP	$\Delta1+\Delta4+\Delta7$
Wu's 제안	$\Delta4$
제안 MIP	$\Delta4$

표 3 MN→CN 컨트롤 메시지 전송 시간 비교

구조	MN→CN 전송 시간
표준 MIP	$\Delta1+\Delta2+\Delta5+\Delta6+\Delta7$
ROMIP	$\Delta1+\Delta2+\Delta5+\Delta6+\Delta7$
Wu's 제안	$\Delta2+\Delta5+\Delta6$
제안 MIP	$\Delta4$

MN에서 CN으로 메시지 전송에 있어 표준 MIP, ROMIP, Wu's 방법은 에이전트와 CN의 라우터에 진입필터링 정책을 사용하기 때문에 직접 CN의 라우터로 전송할 수가 없으며, 역방향 터널링을 이용하여 HA를 경유하여 CN의 라우터로 전송되는 역방향 트라이앵글 라우팅이 발생하므로 제안 알고리즘과 비교하여 많은 시간을 필요로 함을 알 수 있다. 표3은 MN에서 CN으로 향하는 패킷에 대해, 각 알고리즘에서의 패킷 전송시간을 나타낸다. 패킷 손실 측정을 위해 MN이 HA에서 FA로 이동하였을 때, CN은 MN으로 UDP 프로토콜을 사용하여 계속적으로 패킷을 전송한다.

그림 8은 MN이 2nd FA로의 핸드오프가 발생할 때 패킷 사이즈에 대한 손실 패킷수의 측정결과이다. 제안 알고리즘의 패킷 사이즈에 따른 손실 패킷수는 4~52이며 이는 패킷 전송 지연으로 인한 것이다. 이때 제안 알고리즘은 ROMIP과 비교하여

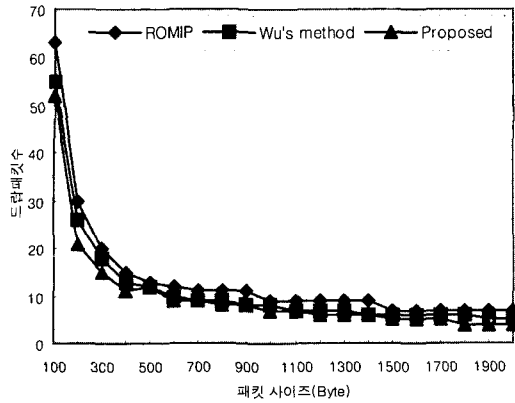


그림 8. 패킷 손실의 개수 vs. 패킷 사이즈

7.7~42.9% 손실이 적게 발생함을 알 수 있으며, 또한 Wu의 제안과 비교하였을 때 최대 33.4% 손실이 적게 발생한다.

그림 9는 MN이 핸드오프 동안에 다른 패킷 사이즈에 대한 전체 패킷 손실량을 나타낸다. 제안 알고리즘은 ROMIP 방법과 비교하여 17.4~42.9% 손실이 적게 발생하며, Wu의 제안과 비교하였을 때 최대 42.4% 손실이 적게 발생함을 확인할 수 있다. 또한 결과로부터 패킷 사이즈가 더 작을수록 패킷 손실의 전체 양은 더 작아진다는 것을 알 수 있다. 이는 패킷 사이즈가 클 때 전송시간의 증가로 인해 핸드오프 발생시 손실될 확률이 크기 때문이다.

CN의 수가 증가할 때, 표준 MIP, ROMIP와 제안 알고리즘의 메시지의 수를 측정하였다. CN의 숫자를 최대 120까지 증가시키면서, 이에 대한 발생 메시지를 측정하였다. 이러한 발생 메시지는 시스템의 과부하를 초래한다.

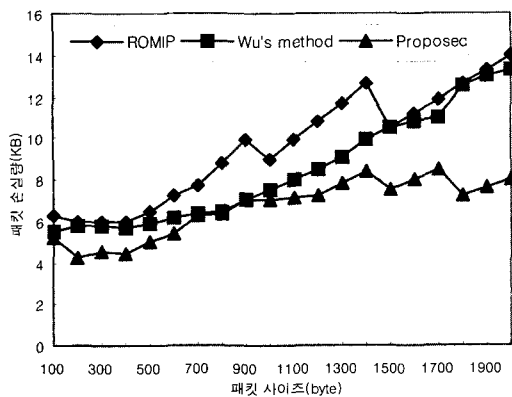


그림 9. 패킷 손실의 전체량 vs. 패킷 사이즈

그림 10에서 표준 MIP은 가장 높은 메시지 부하를

보이며, 제안 알고리즘이 가장 적은 메시지 부하를 보이는 것을 알 수 있다. 또한 제안 알고리즘은 Wu's 방법과 비교하여 컨트롤 메시지의 발생 개수는 6.9~19.9% 발생 메시지의 개수가 적게 발생하는 것을 알 수 있다.

표준 MIP과 ROMIP은 각 노드에서 메시지 처리를 함으로써 메시지 수가 커지며, 특히 표준 MIP은 트라이앵글 라우팅으로 인하여 메시지 수가 비교 알고리즘 중 가장 큰 것을 알 수 있다. MN이 새로운 네트워크로 이동하였을 때, 표준 MIP과 ROMIP은 모든 CN에서 컨트롤 메시지를 발생하며 자신의 바인딩 캐쉬를 업데이트 시키지만, 제안 알고리즘은 단지 CN의 라우터에서 MRT를 업데이트 시키면 된다. 또한 Wu의 알고리즘은 역방향 메시지 전송에 있어 역방향 트라이앵글 라우팅 문제로 인해 제안 알고리즘보다 많은 메시지를 발생시킨다.

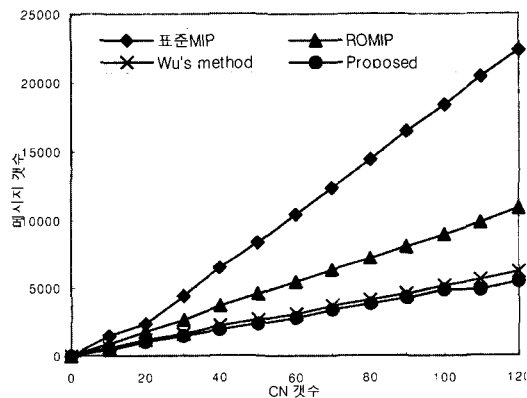


그림 10. CN에 대한 컨트롤 메시지 개수

### V. 결론

진입필터링 정책을 채용한 라우터 환경에서 MRT를 갖는 에이전트와 MN에서 CN으로의 직접 라우팅 동작 설계를 통해, 에이전트를 통하여 핸드오프동안 표준 MIP에서 발생하는 트라이앵글 라우팅의 문제점과 MRT 업데이트 메시지의 직접 전송을 통한 Wu의 제안에서 핸드오프시 발생하는 MRT 업데이트와 같은 MN에서 CN으로 전송되는 메시지에 대한 전송 지연의 문제를 해결하였다. 또한 표준 MIP과 ROMIP에서 중단 노드에서 수행하는 라우팅 관련된 메시지 처리를 에이전트에서 수행함으로써, 메시지 증가로 인한 시스템 부하를 줄일 수 있다. 제안 알고리즘에서는 ROMIP에서 제시된 바인딩

캐쉬와 관련된 메시지 처리를 노드에서 처리하지 않고 네트워크의 에이전트에서 수행하게 함으로써, 실제 바인딩 캐쉬와 관련된 메시지의 전달 경로를 줄임으로써, 전체 시스템에서 발생하는 메시지의 수를 감소시킬 수 있었다. 실험 결과 MRT를 적용한 직접 라우팅을 수행하는 제안 알고리즘은 역방향 트라이앵글 라우팅 문제를 해결할 수 있고, 빠른 메시지 처리를 통한 심리스 핸드오프 구현에 효과적이며, 각 단말에서 메시지를 처리하지 않고 에이전트에서의 메시지 처리를 통해 전체 시스템의 부하를 줄이는데 효과가 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 3G.IP, <http://www.3gip.org/>  
 [2] R.Ramjee, et al., "IP-based access network infrastructure for next-generation wireless data network", IEEE Personal Communications, pp.34-41, Aug. 2000.  
 [3] I.F.Akyildiz, et al., "Mobility management in next-generation wireless systems", Proceedings of the IEEE, vol.87, No.8, pp.1347-1384, Aug. 1999.  
 [4] C.E.Perkins, "IP Mobility support", IETF RFC2002, Oct. 1996.  
 [5] C.E.Perkins, "Mobile IP", IEEE Communications Magazine, pp.84-89, May. 1997.  
 [6] P.Reinbold and O.Bonaventure, "A comparison of IP mobility protocols, Technical Report" Infonet-2001-07, Jun. 2001.  
 [7] C.E. Perkins, "Mobile IP : Design Principles and practices", Addison-Wesley Longman, 1998.  
 [8] J.D. Solomon, Mobile IP : The Internet Unplugged, Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, 1998.  
 [9] D.B.Johnson and C.E. Perkins, "Route optimization in Mobile IP", Technical Report, draft-ietf-mobileip-optim-12.txt, Mar. 20002.  
 [10] P.Ferguson and D.Senie, "Network Ingress Filtering : Defeating Denial of Service Attacks which Employ IP Source Address Spoofing", RFC2267, 1998  
 [11] C.E. Perkins, "IP Encapsulation within IP", IETF RFC2003, May. 1996.

[12] C.E. Perkins, "Minimal Encapsulation within IP", IETF RFC2004, May. 1996.  
 [13] D.B. Johnson and C.E. Perkins, "Mobility support in Ipv6", Technical Report, draft-ietf-mobileip-ipv6-21.txt, Aug. 2003  
 [14] I-Wei Wu, et al "A seamless Handoff approach of mobile ip protocol for mobile wireless data networks", IEEE, Transactions on Consumer Electronics, 48(2), 335-344, May. 2002.  
 [15] C-Hsin Wu, et al "Bi-directional Router Optimization in Mobile IP over Wireless LAN", in Proceedings of IEEE Vehicular 56th Technology Conference, Sep. 2002.  
 [16] R.Vadali, et al "Agent-based Route Optimization for Mobile IP", in Proceedings of IEEE 54th Vehicular Technology Conference, Oct. 2001  
 [17] G.Montenegro, "Reverse Tunneling for Mobile IP", IETF RFC3024, Jan. 2001

김 보 규(Bo-Gyun Kim)

정희원



1994년 2월 : 경희대학교 전자공학과 학사  
 1996년 2월 : 경희대학교 전자공학과 석사  
 1998년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 박사과정  
 1996년 1월 ~ 2002년 2월 :

현대전자산업(주) 통신연구소 주임연구원  
 2002년 3월~현재 : 제주한라대학 정보통신과 전임강사

<주관심분야> Mobile IP, 이동통신시스템

홍충선(Choong-Seon Hong)

정희원

한국통신학회논문지 제 28권 제5B권 참조

이대영(Dae-Young Lee)

정희원

한국통신학회논문지 제 27권 제9B권 참조