

중간 에이전트를 이용한 Mobile IP 망에서의 효율적인 경로 최적화 알고리즘

(An Efficient Route Optimization Algorithm using Intermediate Agents in Mobile IP Networks)

박은영[†] 이재훈^{**} 최병구^{***}

(Eun-Young Park) (Jaehoon Lee) (Byung-Gu Choe)

요약 IETF의 Mobile IP 프로토콜은 인터넷에서 연결지점을 변경하는 이동 호스트(Mobile Node: MN)가 IP 주소의 변화 없이 임의의 호스트(Correspondent Node: CN)와 계속 통신을 유지할 수 있도록 하는 기술이다. 기존의 Mobile IP 프로토콜은 삼각 라우팅(Triangle Routing)의 문제점을 가지고 있으며, 문제점을 해결하기 위해 IETF에서는 경로 최적화 메커니즘이 제안되었다. 경로 최적화 메커니즘이 동작하기 위해서는 CN에 경로 최적화 메커니즘이 구현되어 있어야 한다. 그러나 인터넷상의 임의의 모든 호스트들이 이러한 Mobile IP 프로토콜을 단기간에 구현할 수 없기 때문에 경로 최적화를 위한 다른 방안이 제시되어야 한다. 본 논문에서는 CN에 추가 기능의 구현 없이 경로 최적화를 제공하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 홈 에이전트(Home Agent: HA)와 CN 사이의 경로상에 존재하는 라우터들을 IA(Intermediate Agent)로 사용하여, MN에게 전송되는 패킷들이 HA를 거치지 않고 IA에 의해서 직접 MN으로 전송되도록 함으로써 경로 최적화를 구현한다.

키워드 : Mobile IP, 삼각 라우팅, 경로 최적화

Abstract IETF's Mobile IP protocol allows Mobile Node(MN) to keep connection to Correspondent Node(CN) no matter what the MN changes its point of attachment to the Internet. However, the protocol incurs triangle routing problem, because all packets for the MN are routed through its Home Agent(HA). Route optimization mechanism is proposed by IETF in order to resolve triangle routing problem, but it requires that any node in the Internet should also implement route optimization mechanism. In this paper, we propose a new route optimization algorithm. With the algorithm, routers between HA and CN are considered as Intermediate Agent(IA), and packets transmitted by CN are not forwarded to HA but intercepted by IA and tunneled to MN directly.

Key words : Mobile IP, Triangle routing, Route optimization

1. 서론

기존의 인터넷에서는 호스트에게 망 확인자와 호스트 확인자로 구성되는 하나의 IP 주소가 할당된다. 망 확인자는 호스트가 접속되어 있는 망을 유일하게 나타내기 위한 정보이며, 호스트 확인자는 해당 망에서 호스트를 유일하게 식별하기 위한 정보이다. 호스트는 IP 주소와 전송 계층의 포트 번호를 이용하여 소켓 주소를 만들고,

이러한 소켓 주소를 이용하여 다른 호스트들과 연결을 설정한다. 따라서 일단 호스트가 다른 호스트와 연결을 설정하면, 연결이 설정되어 있는 동안에는 동일한 IP 주소가 고정적으로 유지되어야 한다. 만일 호스트가 다른 망으로 이동하는 경우에는 망 확인자가 변경되어야 하기 때문에 호스트에 할당된 IP 주소가 변경되어야 한다. IP 주소의 변경은 소켓 주소의 변경을 의미하기 때문에, 기존에 설정되어 있는 연결은 해지되며 다시 연결을 시도해야 한다는 단점이 있다.

이와 같이 호스트가 망을 변경하여 인터넷에 접속하는 경우에 발생하는 연결 해지 문제를 해결하기 위하여 IETF에서는 이동 호스트 (Mobile Node: MN)가 자신의 위치를 변경하더라도 기존에 설정되어 있는 연결을 계속 유지할 수 있도록 하기 위한 Mobile IP 프로토콜

[†] 학생회원 : 동국대학교 정보통신공학과
eypark@dongguk.edu

^{**} 중신회원 : 동국대학교 정보통신공학과 교수
jaehoon@dongguk.edu

^{***} 비회원 : 삼성전자 통신연구소 연구원
bgchoe@samsung.com

논문접수 : 2003년 7월 21일
심사완료 : 2003년 9월 9일

[1],[2]이 제안되었다. Mobile IP 프로토콜에서는 인터넷에 접속되어 있는 MN이 인터넷 상의 임의의 호스트(Correspondent Node: CN)와 연결을 설정한 상태에서 자신의 접속 지점을 변경하여도 CN과의 연결이 계속 유지될 수 있도록 하기 위한 메커니즘을 정의한다. 이를 위하여 Mobile IP 프로토콜에서는 MN에게 기존의 인터넷과 같이 홈 주소로서 고정 IP 주소를 할당하고, MN의 홈 주소와 동일한 망 주소를 가지는 홈 에이전트(Home Agent: HA)를 정의한다. MN은 망의 접속 지점을 변경할 때마다 새로운 망에 존재하는 외부 에이전트(Foreign Agent: FA)로부터 새로운 동적 IP 주소인 COA(Care-of-address)를 할당 받아, 자신의 고정 IP 주소와 COA를 HA에게 등록한다. MN과 통신하고자 하는 CN은 MN의 홈 주소를 이용하여 MN에게 패킷을 전송하고, HA가 MN 대신에 이 패킷을 수신하여 터널링을 통해 원격지에 있는 MN에게 패킷을 전송하여 준다. 이와 같은 방법으로 MN과 CN 간에는 MN의 위치 변경에 관계 없이 투명한 경로가 설정된다. 그런데, Mobile IP 프로토콜에서는 CN으로부터 전송된 패킷이 항상 HA를 거쳐 MN에게 전송되는 삼각 라우팅(Triangle Routing) 문제가 발생하게 되어 패킷이 최적 경로를 따라 전송되지 못하는 문제점을 가지고 있다.

Mobile IP 프로토콜이 가지는 삼각 라우팅의 문제점을 해결하기 위하여 IETF에서는 경로 최적화 메커니즘[3,4]이 제안되었다. IETF의 경로 최적화 메커니즘에서 HA는 CN으로부터 MN의 홈 주소로 전송된 패킷을 수신하게 되면, HA는 CN이 MN의 현재 연결 지점에 대한 바인딩 정보를 가지고 있지 않다고 판단하고 CN에게 MN의 홈 주소와 COA에 대한 바인딩 정보를 전송해 준다. HA로부터 바인딩 정보를 수신한 CN은 자신의 바인딩 캐쉬에 MN에 대한 바인딩 정보를 저장하고, 더 이상 MN의 홈 주소로 패킷을 전송하지 않고 COA로 직접 패킷을 터널링한다. 그러나, 이러한 경로 최적화 메커니즘이 제대로 동작하기 위해서는 인터넷에 접속되어 있는 임의의 호스트인 CN에 이러한 메커니즘이 구현되어 있어야 한다. 그렇지만, 이러한 메커니즘이 인터넷에 접속되어 있는 기존의 임의의 모든 호스트에 구현되어 있지 못하기 때문에, CN의 구현 여부에 상관없이 Mobile IP 프로토콜에서 경로 최적화를 제공할 수 있는 다른 방안이 제시되어야 한다. 또한 IETF의 경로 최적화 메커니즘은 핸드오프 시에 발생하는 패킷의 손실을 줄이기 위하여 FA사이에 Smooth 핸드오프[3,4]를 정의하였다. Smooth 핸드오프에서는 MN이 다른 망으로 이동한 경우에 이전의 FA(Previous FA: PFA)에게 MN의 새로운 COA 정보를 전송하여 줌으로써, MN이 새로운 망으로 이동하고 있는 동안에 PFA로 터널링된

패킷이 MN이 새로 등록된 FA(New FA: NFA)로 재터널링될 수 있게 한다. 그러나, Mobile IP 프로토콜에서 FA는 새로이 등록을 요청하는 MN으로부터 등록 요청 메시지를 수신하면 HA로 전송하고, HA로부터 등록 응답 메시지를 수신한 후에 MN에게 서비스를 제공한다. 따라서 Smooth 핸드오프 시에 NFA는 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하기 전에 PFA로부터 재터널링된 패킷을 수신하게 되면 수신한 패킷을 폐기하는 문제점을 가지고 있으며, 상대적으로 NFA와 HA는 멀리 떨어져 있고, PFA는 NFA는 인접한 곳에 위치할 가능성이 높기 때문에 Smooth 핸드오프시에 많은 패킷이 손실될 가능성이 높다.

앞에서 언급한 것과 같이, IETF의 경로 최적화 메커니즘은 CN에 추가 기능을 구현해야 하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 CN에 추가 기능의 구현 없이 경로 최적화를 제공하기 위한 몇 가지 메커니즘들[5-8]이 제안되었다. 가상 HA(Virtual HA: VHA)를 이용한 경로 최적화 메커니즘(Virtual Home Agent Based Route Optimization for Mobile IP)[5]은 MN의 이동성이 특정 시간 동안 지역적이기 때문에 실제로 많은 응용들이 고정 IP 주소를 필요로 하지 않는다고 가정하고, MN이 접속한 외부 망에 VHA를 둔다. MN은 접속한 외부 망에서 가상 홈 주소를 할당 받고 이 주소를 이용하여 CN으로 패킷을 전송한다. CN은 MN의 가상 홈 주소로 패킷을 전송하고, 이를 VHA가 수신하여 MN의 COA로 터널링한다. 그러나, VHA 메커니즘은 MN이 CN으로 연결을 초기화 하는 경우에만 적용이 가능하며, CN이 MN으로 연결을 초기화 하는 경우에는 CN이 MN의 홈 주소를 이용하여 연결을 설정하기 때문에 Mobile IP 프로토콜에서와 같이 CN이 전송한 패킷은 HA를 거쳐 MN으로 전송되는 삼각 라우팅의 문제점을 가진다. 또한 MN은 홈 주소와 COA, 그리고 가상 홈 주소 등 많은 주소 구조를 유지해야 하고, HA와 VHA에게 모두 등록 해야 하기 때문에 많은 제어 메시지의 사용과 MN에 추가 기능이 요구된다. CA(Correspondent Agent)를 이용한 경로 최적화 메커니즘(Agent-Based Route Optimization for Mobile IP)[6,7]은 각 망에 하나의 CA를 두어 CA가 망 내에 존재하는 CN을 대신하여 바인딩 정보를 관리하고 MN으로 패킷을 터널링한다. 그러나, CA는 자신이 속한 망 내에 존재하는 CN에 대해서만 바인딩 정보와 터널링을 제공하기 때문에 인터넷의 모든 망들은 자신의 망 내에 CA를 구현해야 하며, CA가 수용할 수 있는 바인딩 정보의 수보다 망 내의 호스트들이 통신하고자 하는 MN의 수가 더 많을 경우에는 모든 연결에 대해서 경로 최적화를 제공하지 못한다.

본 논문에서는 Mobile IP 망에서 IA(Intermediate Agent)를 이용하여 보다 효율적으로 경로 최적화를 제공할 수 있는 알고리즘은 제안한다. 제안된 알고리즘은 HA와 CN 사이의 경로상에 존재하는 라우터들을 IA로 사용하여, MN에게 전송되는 패킷들이 HA를 거치지 않고 IA에 의해 MN으로 전송되도록 함으로써 CN에 추가 기능의 구현 없이 경로 최적화를 제공한다. 제안된 알고리즘은 기존의 Mobile IP 프로토콜에서의 같이 홈 주소와 COA만을 사용하기 때문에 VHA가 가지는 문제점인 많은 제어 메시지와 MN의 추가 기능을 요구하지 않는다. 제안된 알고리즘에서 IA는 자신을 거쳐서 MN으로 전송되는 패킷에 대해서 경로 최적화를 제공하며, 하나의 IA가 수용할 수 있는 바인딩 정보의 수보다 CN이 자신을 거쳐 통신하는 MN의 수가 더 많을 경우에는 인접한 다른 IA에 의해서 경로 최적화를 제공할 수 있기 때문에 CA가 가지는 제약점과 문제점들을 해결할 수 있다. 또한 제안된 알고리즘에서는 Smooth 핸드오프 시에 NFA가 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하기 전에 PFA로부터 재터널링된 패킷을 수신하게 되면 패킷을 폐기하지 않고 버퍼에 저장한 후에 HA로부터 응답 메시지를 수신하면 저장된 패킷을 MN에게 전송하여 줌으로써 Smooth 핸드오프 시에 발생할 수 있는 패킷의 손실을 최소화하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 본 논문에서 제안한 IA를 이용한 경로 최적화 알고리즘에 대해서 자세히 설명하고, 제3장에서는 제안된 알고리즘의 성능을 분석한다. 그리고 제4장에서 결론을 맺는다.

2. IA를 이용한 효율적인 경로 최적화 알고리즘

2.1 제안 알고리즘의 동작 원리

CN은 일반적으로 MN의 홈 네트워크(Home Network: HN)가 아닌 다른 망에 연결되어 있으며, 기존에 설치되어 사용중인 모든 호스트에 Mobile IP에서 정의하는 경로 최적화 기능이 구현되어 있다고 할 수는 없다. 따라서 본 논문에서 CN은 바인딩 캐쉬와 터널링 등의 기능이 구현되어 있지 않다고 가정한다. 이러한 CN이 MN과 통신을 하고자 할 경우에 CN은 MN의 홈 주소로 패킷을 전송하고, 이를 HA가 수신하여 MN의 COA로 터널링하게 된다. CN이 MN의 HN이 아닌 다른 망에 연결되어 있다면 CN이 전송한 패킷은 HA로 전달되기 전까지 하나 이상의 라우터를 거치게 된다. 또한 HA와 CN이 서로 다른 AS(Autonomous System) 내에 위치한다면, CN이 전송한 패킷은 HA가 수신하기 전까지 하나 이상의 ASBR(AS Border Router)를 거치게 된다. HA와 CN이 같은 AS 내에 위치하는 경우에는 CN이 전송한 패킷이 HA를 거쳐 원격지의 MN로 전송된다고 하더라도 큰 전송 지연을 겪지 않는다. 반면에 HA와 CN이 다른 AS 내에 위치하는 경우에는 삼각 라우팅 문제로 인하여 CN이 전송한 패킷은 큰 전송 지연을 겪게 된다. 따라서 본 논문에서는 HA와 CN 사이의 경로 상에 위치하는 ASBR을 IA로 사용한다.

제안 알고리즘에서는 HA가 라우팅 프로토콜을 이용하여 MN이 속해 있는 Mobile 망 주소 정보를 자신이 속한 AS 내의 ASBR(즉, IA)에게 전송하고, ASBR은 라우팅 프로토콜을 이용하여 인접한 다른 ASBR에게 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 전송하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 HA가 자신이 속한 AS 내의 ASBR에게 Mobile 망 주소 정보를 전송하기 위하여 OSPF

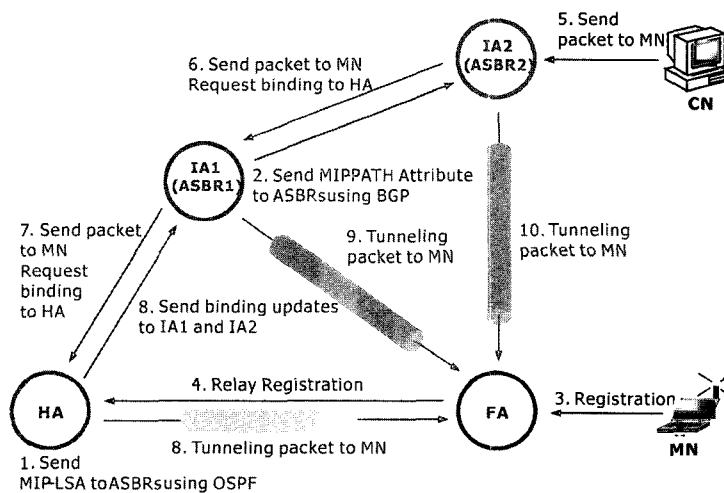


그림 1 제안 알고리즘

(Open Shortest Path First) 라우팅 프로토콜[9]을 사용하고, ASBR 간에 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 전송하기 위하여 BGP(Border Gateway Protocol) 라우팅 프로토콜[10]을 사용한다.

HA는 OSPF 라우팅 프로토콜을 이용하여 MN이 속해 있는 Mobile 망 주소 정보를 자신이 속한 AS 내에 있는 ASBR에게 알려준다. 이를 위하여 본 논문에서는 OSPF 라우팅 프로토콜에 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 표현하기 위하여 MIP-LSA(Link State Advertisement)를 정의한다. HA가 OSPF 라우팅 프로토콜을 이용하여 Mobile 망에 대한 정보를 자신이 속한 AS 내의 ASBR에게 전송하면, 이를 수신한 ASBR은 MIP-LSA가 포함하고 있는 망 주소가 Mobile 망을 위하여 지정된 망 주소라는 것을 알 수 있다. HA와 동일한 AS 내에 있는 ASBR이 OSPF 라우팅 프로토콜의 MIP-LSA를 통하여 Mobile 망을 위해 할당된 망 주소를 알게 되면, ASBR은 이 정보를 다른 AS에 있는 ASBR에게 알려준다. 이를 위하여 ASBR은 BGP 라우팅 프로토콜을 이용하여 인접한 다른 ASBR에게 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 전송함으로써 ASBR들이 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 유지할 수 있도록 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 BGP 라우팅 프로토콜의 Update 메시지의 Path Attribute 타입에 MIP-PATH Attribute 타입을 정의한다.

HA와 CN 사이의 경로 상에 위치하는 ASBR들은 CN으로부터 전송된 패킷을 수신하면 패킷의 목적지 주소를 보고 Mobile 망으로 전송되는 패킷임을 알 수 있다. 만일 ASBR이 수신한 패킷의 목적지 주소가 Mobile 망에 속해 있는 주소라면, ASBR은 자신의 바인딩 캐쉬에 해당 바인딩 정보를 가지고 있는지 검사한다. 바인딩 정보를 가지고 있지 않은 경우에 ASBR은 CN으로부터 수신한 패킷을 기존의 IP 라우팅 메커니즘을 통하여 HA로 전송하고, HA에게 MN의 바인딩 정보를 전송해 줄 것을 요청하는 바인딩 요청 메시지를 전송한다. HA는 CN으로부터 전송된 패킷을 수신하면 터널링을 통하여 MN으로 전송하고, 바인딩 요청 메시지를 전송한 ASBR에게 MN의 현재 COA 정보를 포함하는 바인딩 업데이트 메시지를 전송한다. HA로부터 바인딩 업데이트 메시지를 수신한 ASBR은 자신의 바인딩 캐쉬에 수신한 바인딩 정보를 저장하고, CN으로부터 MN으로 전송되는 패킷을 수신하면 더 이상 HA로 전송하지 않고, 자신의 바인딩 캐쉬에 저장되어 있는 바인딩 정보를 이용하여 MN에게로 직접 터널링 함으로써 경로 최적화를 제공한다. ASBR은 자신의 바인딩 캐쉬에 저장되어 있는 각 바인딩 정보에 대한 시간 만료 타이머를 설정한다. 타이머가 만료되기 전까지 해당 바인

딩 정보의 사용이 없으면 ASBR은 자신의 바인딩 캐쉬에서 해당 바인딩 정보를 삭제하고, 타이머가 만료되기 전에 바인딩 정보가 사용된 경우에는 타이머 만료 전에 HA에게 바인딩 요청 메시지를 전송하여 바인딩 정보를 갱신하고 해당 타이머를 재 설정함으로써 바인딩 정보를 유지한다.

MN이 망의 접속 지점을 변경하면(즉, 핸드오프가 발생하게 되면) HA나 IA로부터 이전의 FA인 PFA로 전송된 패킷은 MN으로 전달되지 못하고 폐기되어 패킷 손실이 발생하게 된다. 이와 같이 핸드오프 시에 발생하는 패킷 손실을 최소화하기 위하여 FA사이에 Smooth 핸드오프 메커니즘을 지원하도록 하고, NFA가 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하기 전에 PFA로부터 재터널링된 패킷을 수신하게 되면 패킷을 폐기하지 않고 버퍼에 저장한 후에 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하면 저장된 패킷을 MN에게 전송하여 줌으로써 Smooth 핸드오프 시에 발생할 수 있는 패킷의 손실 또한 최소화하도록 한다.

2.2 라우팅 메시지

HA가 자신이 속한 AS 내에 있는 ASBR에게 Mobile 망 주소 정보를 알려주기 위하여 그림 2와 같이 OSPF 라우팅 프로토콜에 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 표현하는 MIP-LSA를 정의한다. MIP-LSA의 메시지 형식은 OSPF 라우팅 프로토콜의 LSA 중에서 Summary-LSA의 메시지 형식을 이용한다. LS Type 필드의 값은 이 LSA가 MIP-LSA라는 것을 나타내기 위하여 현재 정의되어 있지 않은 값들 중에서 하나를 선택한다(본 논문에서는 LS Type 필드의 값으로 10을 사용한다). Link State ID 필드에는 Mobile 망 주소를 기술하고, Advertising Router 필드에는 HA의 라우터

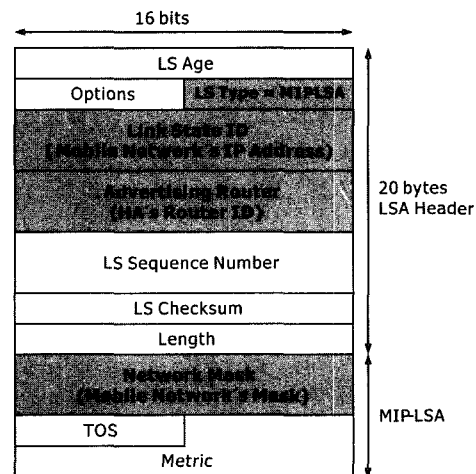


그림 2 MIP-LSA의 메시지 형식

ID(HA의 IP 주소)를 기술하며, Network Mask 필드에는 Mobile 망의 서브넷 마스크 값을 기술한다.

HA로부터 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 수신한 ASBR이 인접한 다른 ASBR에게 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 전송하기 위하여 BGP 라우팅 프로토콜의 Update 메시지의 Path Attribute 타입에 MIP-PATH Attribute 타입을 정의한다. Path Attribute의 성질을 나타내는 Attribute Type 필드의 Attribute Flags 필드 값은 Optional 비트를 1로 설정하여 모든 ASBR들이 MIP-PATH Attribute 타입을 지원하지 않아도 되도록 하고, Transitive 비트를 1로 설정하여 어떤 ASBR이 MIP-PATH Attribute 타입을 인식하지 못했을 경우에 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 버리지 않고, BGP 피어(Peer)인 다른 ASBR들에게 Mobile 망에 대한 라우팅 정보를 계속 전송할 수 있도록 한다. Path Attribute의 타입을 나타내는 Attribute Type 필드의 Attribute Type Code 필드 값은 MIP-PATH Attribute 타입을 정의하기 위해서 현재 정의되지 않은 값들 중에서 하나

를 선택한다(본 논문에서는 MIP-PATH Attribute 타입을 정의하기 위하여 10을 사용한다). 그리고 Path Attribute의 Attribute Value 필드에는 HA의 32 비트 IP 주소를 기술하고, Attribute Length 필드 값은 Attribute Value 필드의 바이트 길이를 나타내는 4 (HA의 32 비트 IP 주소)를 기술한다. Network Layer Reachability Information 필드의 Prefix Length 필드에는 Mobile 망의 서브넷 프리픽스의 길이를 기술하고, Prefix 필드에는 Mobile 망의 망 주소를 기술한다.

3. 성능분석

이 장에서는 시뮬레이션을 통하여 기존 메커니즘들과 본 논문에서 제안된 IA를 이용한 경로 최적화 알고리즘의 성능을 비교 평가하였다. 시뮬레이션은 네트워크 시뮬레이터 ns-2를 사용하였으며 시뮬레이션 망 구조는 그림 4와 같다. HA와 CN 사이의 경로상에 IA로 동작하는 세개의 ASBR(ASBR1~ASBR3)를 두고, 외부 망에 다섯개의 FA(FA1~FA5)를 두었다. HA와 같은 AS

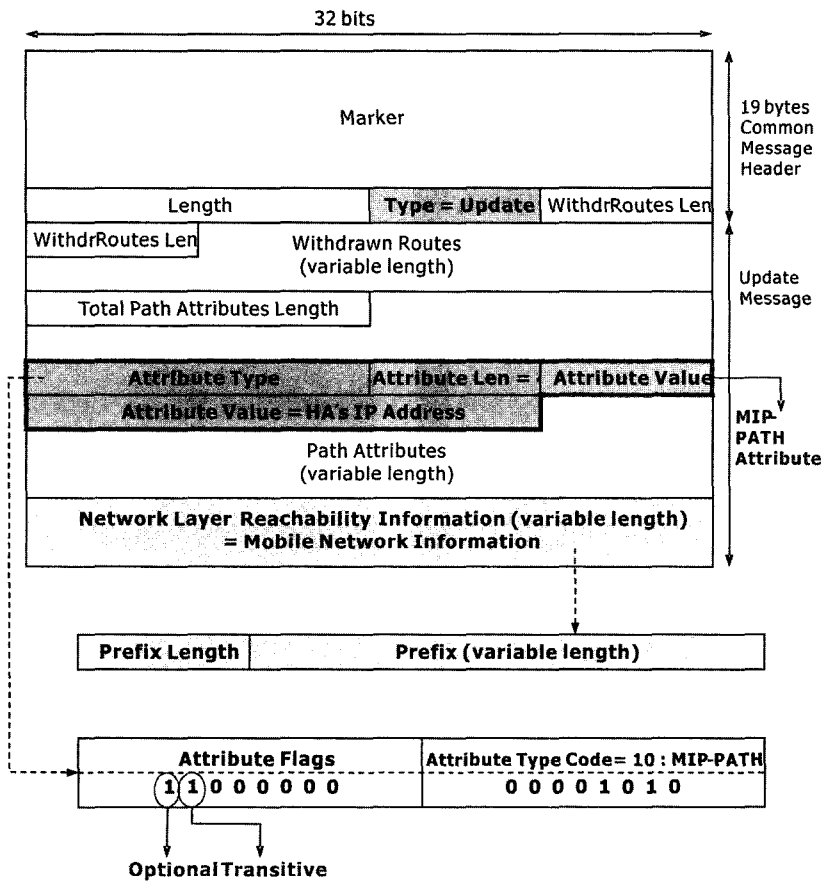


그림 3 MIP-PATH Attribute 타입을 포함하는 Update 메시지 형식

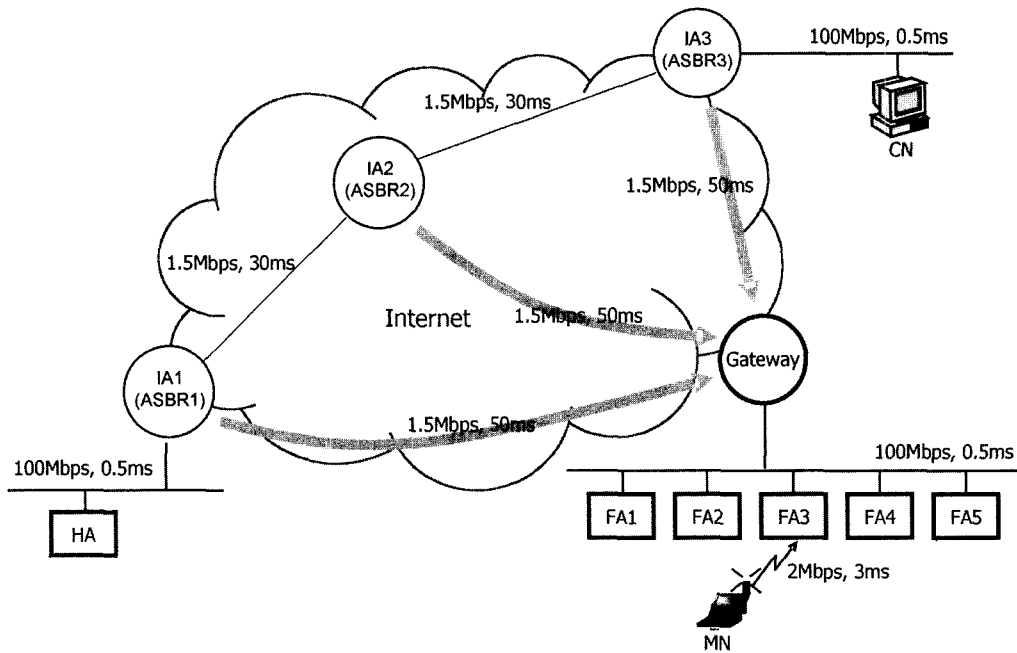


그림 4 시뮬레이션 망 구조

내에 존재하는 ASBR1(IA1) 사이의 링크의 전송속도는 100Mbps이고 지연시간은 0.5ms이며, ASBR들 사이의 링크의 전송속도는 1.5Mbps이고 지연시간은 30ms이다. ASBR3(IA3)는 CN과 같은 AS내에 존재하며 CN과 ASBRE3(IA) 사이의 링크의 전송속도는 100Mbps이고 지연시간은 0.5ms이다. ASBR들과 외부 망의 게이트웨이 라우터 사이의 링크의 전송속도는 1.5Mbps이고 지연시간은 50ms이며, 외부 망의 게이트웨이 라우터와 FA들 사이의 링크의 전송속도는 100Mbps이고 지연시간은 0.5ms이다. MN은 FA 사이에서 임의적으로 이동하며, FA와 MN 사이의 링크의 전송속도는 2Mbps이고 지연시간은 3ms이다. 제안된 알고리즘과 IETF의 경로 최적화 메커니즘 모두 핸드오프 시에 Smooth 핸드오프를 지원하도록 하고, FA는 0.1초마다 에이전트 광고 메시지를 전송하도록 한다.

그림 5는 MN이 한 FA에서 머무는 평균시간에 따라 임의적으로 이동하였을 때, CN으로부터 MN으로 전송된 패킷이 겪는 평균 전송 지연시간을 나타낸다. 그림 5에서 MIP는 Mobile IP 프로토콜에 의한 평균 전송 지연시간을 나타내며, RO는 IETF의 경로 최적화 메커니즘에 의한 평균 전송 지연시간을 나타내고, IA는 본 논문에서 제안된 IA를 이용한 경로 최적화 알고리즘에 의한 평균 전송 지연시간을 나타낸다. 핸드오프와 관련하여 MN이 한 FA에서 머무는 시간은 지수분포(평균: 10초~60초)를 이용하고, 인접 FA에 같은 확률을 가지고

임의의 수를 발생시켜 이동할 FA를 결정한다. 그림 5에서와 같이 Mobile IP 프로토콜은 CN으로부터 전송된 패킷이 항상 HA를 거쳐 MN으로 전송되기 때문에 큰 전송 지연시간을 가지는 것을 볼 수 있다. 반면에 제안된 알고리즘에서는 CN으로부터 전송된 패킷들이 HA를 거치지 않고 HA와 CN 사이의 경로 상에 위치하는 IA에 의해서 직접 MN으로 전송되기 때문에 IETF의 경로 최적화 메커니즘과 동일하게 작은 전송 지연시간을 가지는 것을 볼 수 있다.

그림 6은 MN이 한 FA에서 머무는 평균시간에 따라 임의적으로 이동하였을 때, CN으로부터 MN으로 전송된 패킷이 겪는 손실률을 나타낸다. 그림 6에서와 같이

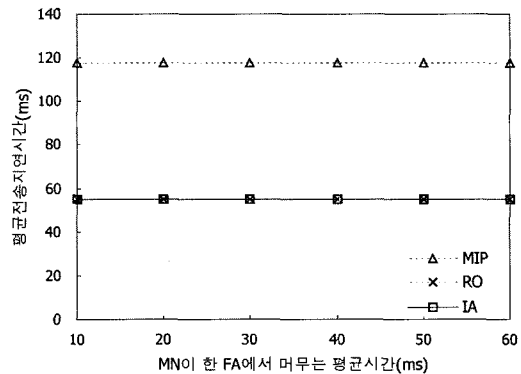


그림 5 전송 지연시간 비교

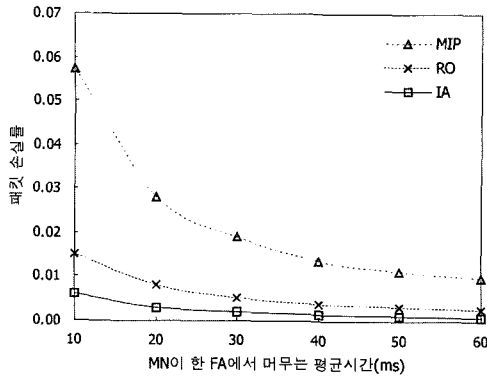


그림 6 패킷 손실률 비교

Mobile IP 프로토콜이 가장 큰 패킷 손실률을 보이며, IETF의 경로 최적화 메커니즘이 Mobile IP 프로토콜에 비해 작은 패킷 손실률을 보이고, 제안된 알고리즘이 가장 작은 패킷 손실률을 가지는 것을 볼 수 있다. IETF의 경로 최적화 메커니즘은 핸드오프 시에 Smooth 핸드오프를 이용하여 PFA로 잘못 터널링된 패킷을 NFA로 재터널링하기 때문에 Mobile IP 프로토콜에 비해 작은 패킷 손실률을 보이지만, NFA가 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하기 전에 PFA로부터 재터널링된 패킷을 수신하게 되면 패킷을 폐기하는 문제점을 가지고 있다. 반면에 제안된 알고리즘은 Smooth 핸드오프 시에 NFA가 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하기 전에 PFA로부터 재터널링된 패킷을 수신하게 되면 패킷을 폐기하지 않고 버퍼에 저장한 후에 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하면 저장된 패킷을 MN에게 전송하여 줌으로써 Smooth 핸드오프 시에 발생하는 패킷의 손실을 최소화하기 때문에 가장 작은 패킷 손실률을 보이는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 기존의 Mobile IP 프로토콜이 가지는 삼각 라우팅 문제점을 해결하기 위한 경로 최적화 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 HA와 CN 사이의 경로 상에 위치하는 ASBR을 IA로 사용하여 CN으로부터 전송된 패킷이 HA를 거치지 않고 IA에 의해서 직접 MN으로 전송되도록 함으로써 CN에 추가 기능의 구현 없이 경로 최적화를 제공한다. 제안된 알고리즘은 기존의 VHA를 이용한 경로 최적화 메커니즘과 CA를 이용한 경로 최적화 메커니즘이 가지는 문제점과 제약점을 해결함으로써 보다 효율적으로 경로 최적화를 제공할 수 있다. 또한 Smooth 핸드오프 시에 NFA가 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하기 전에 PFA로부터 재터널링된 패킷을 수신하게 되면, 패킷을

폐기하지 않고 버퍼에 저장한 후에 HA로부터 등록 응답 메시지를 수신하면 저장된 패킷을 MN에게 전송하여 줌으로써 Smooth 핸드오프 시에 발생하는 패킷의 손실을 최소화할 수 있다.

제안된 알고리즘의 성능은 네트워크 시뮬레이터인 ns-2를 이용하여 분석하였으며, 기존의 메커니즘들이 가지는 문제점을 해결함과 동시에 기존의 연구와 비교하여 제안된 알고리즘이 작은 전송 지연시간과 작은 패킷 손실률을 가지는 것을 볼 수 있다.

참고 문헌

- [1] C. Perkins, "Mobile IP Support," RFC2002, 1996.
- [2] C. Perkins, "IP Encapsulation within IP," RFC2003, 1996.
- [3] C. Perkins, D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," draft-ietf-mobileip-optim-11.txt, 2000.
- [4] C. Perkins, K. Wang, "Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP," Preceeding of the 4th IEEE Symposium on Computer & Communications, pp. 340-346, Jun, 1999.
- [5] Q. Gao, A. Acampora, "A Virtual home agent based route optimization for Mobile IP," Preceeding of IEEE WCNC, Vol. 2, pp. 592-596, 2000.
- [6] R. Vadali; L. Jianhui Li; W. Yiqiong, Guohong Cao, "Agent-based route optimization for mobile IP," Preceeding of IEEE VTS, Vol. 4, pp. 2731-2735, 2001.
- [7] C. Lee, G. Morrow, F. Kadri, "Intercepting Location Updates," draft-lmk-mobileip-intercepting-update-01.txt," 2000.
- [8] T. Ihara, H. Ohnishi, Y. Takagi, "Mobile IP route optimization method for a carrier-scale IP network," Preceeding of the 6th IEEE International Conference on ICECCS, pp. 120-122, 2000.
- [9] J. Moy,, "OSPF Version 2," RFC2328, 1998.
- [10] Y. Rekhter, T. Li, "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)," draft-ietf-idr-bgp4-17.txt, 2002.



박 은 영

2001년 2월 동국대학교 정보통신공학과 학사. 2001년 3월~현재 동국대학교 정보통신공학과 석사과정. 관심분야는 Mobile IP, IPv6, 라우팅 프로토콜



이 재 훈

1985년 2월 한양대학교 전자공학과 학사
 1987년 2월 한국과학기술원 전기및전자
 공학과 석사. 1995년 8월 한국과학기술
 원 전기및전자공학과 박사. 1987년 3월
 ~1990년 4월 데이콤 연구원. 1990년 9
 월~1999년 2월 삼성전자 정보통신부문
 선임연구원. 2000년 3월~2000년 12월 삼성전자 자문교수
 2000년 5월~현재 10G 이더넷 포럼 운영위원. 1999년 3
 월~현재 동국대학교 정보통신공학과 조교수. 관심분야는
 초고속통신, 다중 액세스 프로토콜, 인터넷 프로토콜, 광 네
 트워크 프로토콜



최 병 구

1979년 2월 서울대학교 전자공학과 학사
 1981년 2월 한국과학기술원 전기및전자
 공학과 석사. 1987년~1996년 대우통신
 종합연구소 수석연구원. 1996년~현재 삼
 성전자 통신연구소 NW연구팀 수석연구
 원. 관심분야는 IP Switching/Router
 System, Optical Network, Computer Networking