

QoS 보장형 이동성 IP 서비스 제공을 위한 Mobile IP-over-MPLS 구조 연구

정희원 김호철*, 김영탁**

A Study on Mobile IP-over-MPLS Framework to Provide Mobile IP service with Guaranteed QoS

Ho-Cheal Kim*, Young-Tak Kim** *Regular Members*

요 약

Mobile IP는 고정망을 대상으로 설계된 IP를 기반으로 하기 때문에 삼각라우팅과 핸드오프에 의한 성능 측면의 저하요인을 갖고 있다. 차세대 인터넷에서는 QoS 보장형 서비스 제공이 중요 연구방향이며 Mobile IP를 기반으로 하는 이동성 인터넷 서비스도 성능 저하요인을 보완하고, QoS 보장형 서비스를 제공하기 위한 연구가 필요하다. 본 논문은 Mobile IP에서의 QoS 보장형 서비스의 제공을 위하여 라우팅과 QoS 보장형 서비스제공을 융합한 개념인 MPLS를 전달망으로 하는 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크의 성능향상을 위한 경로 최적화(Route Optimization)와 유연한 핸드오프(Smooth Hand-off) 방식 및 이를 지원하기 위한 MPLS LSP 설정 프로토콜인 MIP-LDP(Mobile IP-Label Distribution Protocol)를 제안한다. 제안된 방식은 기존 Mobile IP-over-MPLS 서비스 망에서의 긴 전송 경로 문제와 핸드오프로 인한 패킷 손실 문제를 개선하였다.

Key Words : Mobile IP; MPLS; QoS; smooth hand-off; route optimization.

ABSTRACT

Mobile IP has some performance degrade factors such as triangle routing and packet loss by the hand-off because the original IP was designed for the fixed network. The design goal for the next generation Internet service is to guarantee QoS. So, Mobile IP also should be able to provide the guaranteed QoS with performance enhancement because it is an IP-based mobile Internet service. In this paper, we propose route optimization, smooth hand-off scheme and MIP-LDP(Mobile IP-Label Distribution Protocol) on Mobile IP-over-MPLS framework to enhance the performance of the previously researched Mobile IP-over-MPLS schemes. The proposed framework enhanced long routing path problem and packet loss problem by the hand-off.

I. 서 론

차세대 인터넷 서비스의 주 연구방향은 QoS 보장형 서비스의 제공에 있다. 차세대 인터넷에서의 QoS 보장형 서비스 제공은 고정 인터넷 서비스와 이동성 인터넷 서비스를 구분하지 않고 종단간에 동일한 QoS 보장 프레임워크를 적용할 수 있어야한

다. 이를 위해서는 이동 인터넷 서비스가 고정 인터넷 서비스와 같이 IP를 기반으로 한 전달 기능을 수행하여야 한다. Mobile IP^[1]는 이러한 요구를 만족하는 IP 기반의 이동성 인터넷 서비스로서 고정 인터넷을 위한 QoS 보장 방안인 IntServ^[2], DiffServ^[3] 그리고 MPLS^[4] 등을 이동 환경을 고려한 기능의 확장을 통해 고정 인터넷과 이동성 인터넷이 혼용된 환경에서의 종단간 QoS를 보장할 수

* 울산과학기술대학교 컴퓨터정보학부 (kimhc@mail.ulsan-c.ac.kr), ** 영남대학교 공과대학 정보통신공학과 (ytkim@yu.ac.kr)
논문번호 : 030207-0517, 접수일자 : 2003년 5월 14일

있다는 장점이 있다.

IntServ는 RSVP^[2]를 이용한 흐름(flow)별 자원에 약을 통한 QoS 보장방안으로 제안되었으나 코어 망에서의 심각한 확장성문제로 인해 인터넷 서비스 망에는 적합하지 못하고, 핸드오프가 발생할 때마다 종단간 자원 예약을 다시 수행하여야 하므로 QoS 보장을 위한 기능이 오히려 Mobile IP의 핸드오프 지연시간에 영향을 줌으로 Mobile IP 서비스망에 적용하기가 적합하지 않다^[5]. DiffServ는 IntServ의 확장성 문제를 해결하기 위하여 제안된 방안으로 Mobile IP와의 결합을 위해서는 Mobile IP의 캡슐화에 의해 이동노드를 목적지로 하는 원 패킷과 캡슐화된 패킷의 근원지/복제지 IP 주소가 서로 다르므로 인한 종단간 흐름의 식별(Flow Classification) 문제를 해결해야 하고, 노드의 이동으로 인해 발생하는 SLA(Service Level Agreement)의 동적인 제협상을 위한 시그널 기능을 필요로 한다^[5].

MPLS는 개별적으로 고려되던 라우팅과 QoS를 결합한 형태의 방안으로서 IP의 홉 기반 라우팅의 개선이라는 초기 목적과는 달리 ATM과 유사한 연결형 서비스의 트래픽 엔지니어링, IP 망의 융통성 그리고 서비스 등급의 차등화를 결합한 방안으로 고려되고 있다^[6]. Mobile IP와 MPLS의 결합은 패킷의 교환 경로에 대한 트래픽 엔지니어링, 예약기반 라우팅 및 DiffServ-aware-MPLS 등의 적용을 통해 효과적으로 QoS 보장형 서비스를 구현할 수 있다^[7]. 특히, 패킷의 전달에 있어 전구간을 이동노드의 홈 주소를 이용하므로 DiffServ와의 통합에서 발생하는 흐름의 식별 문제를 제거할 수 있으며 LDP의 개선을 통해 SLA의 제협상과 같은 기능을 확장할 수 있는 장점이 있다.

Mobile IP와 MPLS의 결합에 관한 선행 연구로는 FEC(Forwarding Equivalence Class) 집합화 방안을 제시한 “Mobile IP와 MPLS의 통합”^[8], Mobile IP의 계층구조 FA를 MPLS에 적용한 “MPLS 기반의 계층형 Mobile IP 망”^[9], 이동노드의 이동 프로파일들을 통한 경로 최적화를 제시한 “프로파일 기반의 Mobile MPLS 프로토콜”^[10] 그리고 마이크로 이동성에 대한 MPLS 적용을 제안한 “IP기반 무선 접속망에서의 이동성 인식 MPLS”^[11]가 있다.

선행 연구들에서는 터널과 LSP의 통합 방법, 핸드오프의 지역화 등과 같은 방안들에 대하여 제시하고 있으나 종단간 LSP 설정에 의한 핸드오프 지연, 계층형 FA 구조로 인한 코어 LSR의 처리 부하

증가, 이동 프로파일에 의한 단말의 이동성 제한 그리고 동일 FEC에 대한 다수의 개별 경로를 사전에 설정으로 인한 코어 LSR에서의 레이블 확장성 문제를 갖고 있으며, 현재 제안되고있는 Mobile IP의 다양한 전달 모드들에 대한 방안들이 포함되어 있지 않다.

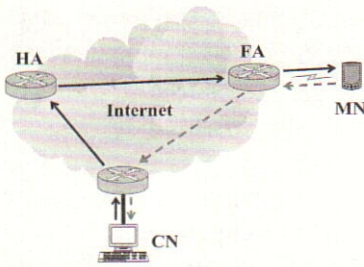
본 논문은 Mobile IP와 MPLS의 결합을 통해 이동 인터넷 서비스에서 확장성이 개선된 QoS 보장 방안을 제시한다. 본 논문에서는 선행연구에서 제안한 방안들을 기반으로 서비스 망의 확장성과 MPLS 레이블의 확장성이 고려된 QoS 보장형 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크를 위해 레이블 배포 프로토콜인 LDP(Label Distribution Protocol)를 MIP-LDP(Mobile IP-LDP)로 확장하고, MPLS의 제어평면이 Mobile IP의 제어평면 동작을 인식하기 위한 구조와 역 터널링^[12], 경로 최적화^[13]와 같은 다양한 Mobile IP 전달 모드를 수행하도록 제안한다. 본 논문에서 제안하는 프레임워크는 데이터 패킷의 전달뿐만 아니라 신호 패킷의 전달도 LSP를 사용하여도록 하여 Mobile IP의 모든 평면을 MPLS와 통합하였고, 전송 지연에 민감한 실시간 멀티미디어 서비스의 QoS 보장을 위한 경로 최적화 방안을 포함하고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 선행연구에 대한 요약과 Mobile IP-over-MPLS 망의 구조를 정의하고, III장에서 Mobile IP를 위한 레이블 배포 프로토콜인 MIP-LDP를 제안한다. IV장에서는 경로 최적화 기법을 설명하고, V장에서 선행 연구와의 비교를 한 후 VI장에서 결론을 맺도록 한다.

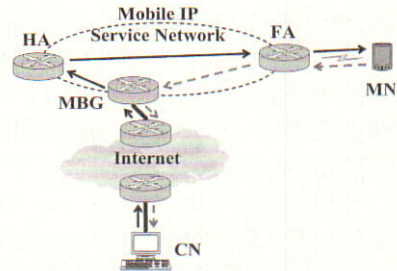
II. Mobile IP-over-MPLS 서비스 망

2.1 Mobile IP Network

Mobile IP의 기본개념은 기존 인터넷에는 어떠한 변화를 요구하지 않으면서도 이동성 에이전트들과 이동노드간 제어 메시지를 통한 터널링에 의해 이동노드의 지속적인 인터넷 접속을 지원하는 것이다. 이동성 인터넷 서비스의 제공 측면에서 Mobile IP를 보면 서비스 망을 별도로 구성하고, 이 서비스 망을 통해서 이동노드들은 인터넷 접속 서비스를 제공받게된다. 그림 1의 (a)는 Mobile IP의 개념적인 구조를 (b)는 서비스 제공 측면에서의 Mobile IP 서비스 망을 도식화하였다.



(a) Mobile IP 개념도
그림 1. Mobile IP 서비스 망



(b) Mobile IP Service Network 개념도

그림 1의 (a)에서는 이동성 에이전트(HA, FA) 기능을 수행하는 라우터가 인터넷에 직접 연결되어 있으나 (b)의 경우는 Mobile IP 서비스 망이 별도로 구성되고 이동성 에이전트 기능을 수행하는 라우터들은 이 망의 경계에 위치하는 구조를 갖는다. (b)에서 MBG(Mobile Border Gateway)는 서비스 망의 경계에서 외부 망을 연결해주는 통로로서의 역할을 수행하는 라우터이다^[14]. 본 논문에서의 외부 망은 인터넷뿐만 아니라 이동노드간의 양방향 통신을 고려하여 이동성 인터넷 서비스의 무선 접속망 구조를 포함한다.

Mobile IP 서비스 망에서의 QoS 보장형 서비스 제공을 위해서는 망의 확장성, 보안, 무선 대역폭의 보존, 낮은 처리 오버헤드 등과 같은 Mobile IP를 위한 QoS 요구사항을 만족하여야 한다^[15]. 본 논문에서는 MPLS 전달망을 Mobile IP 서비스 망으로 사용하고 Mobile IP의 QoS 요구사항을 만족할 수 있도록 하기 위한 프레임워크를 제안한다.

2.2 Mobile IP-over-MPLS 서비스 망

터널링에 의한 Mobile IP의 데이터 전달을 MPLS의 교환 기능과 통합할 경우 QoS의 보장뿐만 아니라 HA에서의 데이터 패킷 캡처, 캡슐화와 FA에서의 캡슐해제 과정을 생략할 수 있어 경계 라우터에서의 처리 부하를 줄이고, 캡슐화에 의한 오버헤드를 제거할 수 있다. MPLS를 Mobile IP 서비스 망의 전달망 기능으로 사용하기 위해서는 두 기능간의 효율적인 통합 방안이 필요한데 이를 위해 다음과 같은 선행 연구들이 진행되었다.

1) Mobile IP와 MPLS의 통합^[8]

MPLS LSP와 Mobile IP 터널을 통합하기 위한 FEC 집합화(agggregation) 방안을 제안하였다. 이동노드는 Mobile IP 등록요청 메시지를 IP의 홈 기반

라우팅에 의하여 HA로 전달하고, HA는 LDP를 이용해 등록요청 메시지 안의 COA (Care-of-Address)를 호스트주소(host address) FEC로 하는 LSP를 구성한 후 이동노드의 홈 주소를 이 LSP의 FEC로 집합화 함으로써 이동노드를 목적지로 하는 패킷을 HA가 수신한 경우 패킷의 목적지 주소(이동 노드의 홈 주소)를 호스트주소 FEC로 하는 이 LSP를 통하여 패킷을 교환할 수 있도록 하였다.

이 FEC 집합화 방안에서는 Mobile IP의 등록요청 메시지 전달은 LSP를 사용하지 않고 독립적으로 수행되고, 등록응답 메시지는 LSP를 통해 전송된다. 그리고 LSP의 설정시점이 등록요청 메시지가 HA에 도착한 이후에 HA에 의하여 개시된다. 때문에, 경우에 따라서는 LSP 설정으로 인한 핸드오프 지연 시간이 더 길어질 수 있으며, 이동노드가 망 접속점을 변경할 때마다 중단간의 등록과정을 다시 수행하여야 하는데 이때의 패킷 손실에 대하여서는 고려하지 않았다.

2) MPLS 기반의 계층적 Mobile IP 망^[9]

“Mobile IP와 MPLS의 통합 방안”은 핸드오프가 중단간 수행됨으로 인해 이동노드의 이동 시 핸드오프 지연시간이 길다는 단점이 있다. “MPLS 기반의 계층적 Mobile IP 망”은 이를 해결하기 위하여 Mobile IP의 계층구조 FA를 이용한 지역적인 등록 방안을 MPLS 전달망에 적용하는 방안을 제안하였다. “MPLS 기반의 계층적 Mobile IP 망”에서는 Mobile IP 외부 에이전트를 GFA (Gateway FA), RFA(Regional FA), FA의 3계층으로 구성하고, HA와 FA간 LSP 구성을 HA/GFA, GFA/RFA, RFA/FA의 3영역으로 구분하여 단계별로 수행하도록 하였다. 만약 이동노드가 동일 RFA 영역 내에서 FA 경계를 이동한 경우 등록요청 메시지는 HA가 아닌 RFA까지만 전달되고 LSP의 설정도 RFA

와 FA 사이에서만 다시 설정된다. HA와 GFA, GFA와 RFA의 경로는 이전의 경로를 그대로 이용한다. 이동노드가 RFA 영역을 벗어나 이동한 경우에는 먼저 FA와 RFA간에 등록이 수행되고 그 다음 RFA와 GFA간에 등록이 수행된다. 이동노드가 GFA 영역을 벗어나 이동한 경우는 HA와 FA 전구간에 걸쳐 핸드오프가 수행된다.

이 방안은 FEC 집합화를 사용하고, 빠른 핸드오프를 수행함으로써 핸드오프에 의한 패킷 손실을 최소화하였다. 하지만, MPLS 전달망의 관점에서는 코어 LSR이 GFA 또는 RFA 기능과 Mobile IP의 이동 에이전트 기능을 함께 수행해야 된다. 즉, 핸드오프를 위한 MPLS 전달망의 코어 LSR 처리 부하를 증가시키고 전체적으로 망의 확장성에 영향을 주게된다. 최악의 시나리오는 만약 이동노드가 GFA의 경계를 번갈아 왕복하는 경우 단계별 등록에 의해 "Mobile IP와 MPLS의 통합" 방안보다 낮은 성능을 보일 수 있다.

3) 프로파일 기반의 Mobile MPLS 프로토콜^[10]

이 방안은 이동노드의 이동 패턴을 미리 등록해 두고 CN이 이동노드의 현재 위치를 프로파일을 통해 확인하고 HA를 거치지 않는 최적 경로를 구성하는 것이다. 이 방안은 QoS를 고려한 경로 최적화 방안을 제시하고 있지만 이동노드의 프로파일에 의해 이동이 항상 규칙적이어야 하며 CN이 이동노드의 프로파일을 입수하기 위하여 프로파일 요청 메시지를 사용하여야 한다는 단점이 있다. 이는 이동노드의 비정규적인 이동의 발생에 대해서는 대응이 불가능하고, CN이 호스트임에도 불구하고 LSP의 설정을 수행해야하는 오류를 갖고있다.

4) 이동성 인식 MPLS^[11]

"이동성 인식 MPLS"는 다른 연구와는 달리 마이크로 이동성(Micro-mobility)을 위한 MPLS 망의 적용을 목적으로 하고 있다. Mobile IP 코어망에 MPLS 접속망을 GW(코어망과 접속망을 연결하는 LER)를 통해 연결하는 구조로 GW가 "MPLS 기반의 계층적 Mobile IP 망"에서 GFA와 동일한 역할을 수행한다고 볼 수 있다. 이 방식은 Mobile IP 코어망이 MPLS 전달망으로 구성된다면 전 구간을 LSP를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

이 방안은 GW와 BS(Base Station) 사이에 트리 구조의 MPLS 망을 설치하고, 고정적인 LSP를 DiffServ의 서비스 클래스별로 사전에 양방향으로

설정하여 둔다. 이동노드의 등록요청 메시지가 BS에 전달하면 BS는 이를 GW와의 업스트림 시그널링 LSP를 통해 GW로 교환한다. GW는 자신의 포워딩 테이블에서 BS와 관련된 LSP들 중에서 다운스트림 시그널링 LSP의 FEC 필드를 이동노드의 홈 주소로 변경한다. 이동노드를 목적지로 하는 패킷이 GW에 도착하면 이동노드의 홈 주소에 대한 호스트 주소를 FEC로 하는 LSP를 통해 교환된다. 만약 DiffServ의 서비스 클래스가 DS 필드에 기록된 패킷이 GW에 최초로 도착하면 GW는 포워딩 테이블에서 이동노드의 홈 주소에 대한 호스트주소 FEC로 하는 엔트리를 찾아 FEC 필드값을 삭제하고 패킷의 서비스 클래스와 일치하는 PHB(Per-Hop Behavior)를 갖는 LSP 엔트리를 선택하여 FEC 필드를 이동노드 홈 주소로 변경함으로써 요구 서비스 클래스를 만족하는 서비스를 제공한다.

이 방식은 고정적인 LSP를 사전에 설정하고, FEC 필드를 변경함으로써 LSP를 할당하므로 LSP 설정으로 인한 핸드오프 지연시간이 길어지는 문제를 해결하였으며 서비스 클래스별 LSP를 통해 QoS를 보장하기 위한 방안을 제시하였다. 하지만, 동일 경로의 LSP를 다수 구성하고, 하나의 이동노드를 위해 하나의 독립적인 LSP를 할당하게 됨으로 인한 레이블 확장성 문제와 레이블 엔트리의 FEC 필드 삭제와 변경으로 인해 FEC가 바인딩 되지 않은 많은 수의 LSP를 포워딩 테이블에 유지하여야 하는 단점이 있다.

2.3 QoS 보장형 Mobile IP-over-MPLS

앞서 언급한 선행연구들은 FEC 집합화, 지역적인 등록, LSP 준비 등과 같은 방안들을 제안하였으나, Mobile IP와 MPLS의 제어절차간 구체적인 상호작용을 보이지 않았으며 특히 실시간 멀티미디어 서비스의 품질보장을 위한 경로최적화 문제를 해결하지 못하고 있다. 따라서, 본 논문은 선행 연구와는 달리 Mobile IP의 제어와 데이터 포워딩 모두를 MPLS의 교환 기능을 이용하도록 하였으며, 실시간 멀티미디어 서비스를 위한 기존 인터넷 노드의 변경 없는 경로 최적화 기법을 MPLS 전달망에서 사용할 수 있도록 하여 삼각 라우팅 문제를 해결하였다. 특히, 코어 LSR에서의 레이블 확장을 고려하여 LSP 준비에서 레이블 병합을 적용하였다. 그림 2는 Mobile IP 서비스 망을 MPLS 전달망으로 구성한 예이다. 그림 2에서 이동성 에이전트 기능을 수행하는 라우터는 HA/LER, FA/LER, MBG/LER

과 같은 MPLS의 경계라우터들이며, Mobile IP를 인식하고 Mobile IP의 제어 특성에 적합하도록 확장된 MPLS 기능으로 변경하였다. 무선구간은 이동성 에이전트의 BS를 통해 연결되며, 이동 노드가 인터넷 서비스를 받기 위한 접속 망으로서의 역할을 담당한다.

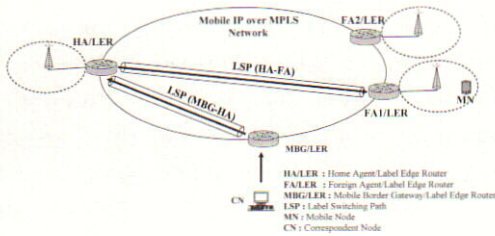


그림 2. Mobile IP-over-MPLS 서비스 망

III. MIP-LDP (Mobile IP-LDP)

이동노드(MN)는 새로운 FA의 서비스 영역으로 이동하면 핸드오프를 통해 HA에 COA를 시그널링을 통해 등록하여 터널을 구성한다. 이동노드의 핸드오프 과정은 Mobile IP의 성능을 저하시키는 가장 큰 요인이다. Mobile IP-over-MPLS 프레임워크는 핸드오프 시에 QoS 보장방안으로 인한 추가적인 지연의 발생을 줄이기 위하여 토폴로지 기반의 LSP를 사전에 구성하는 MIP-LDP를 제안한다.

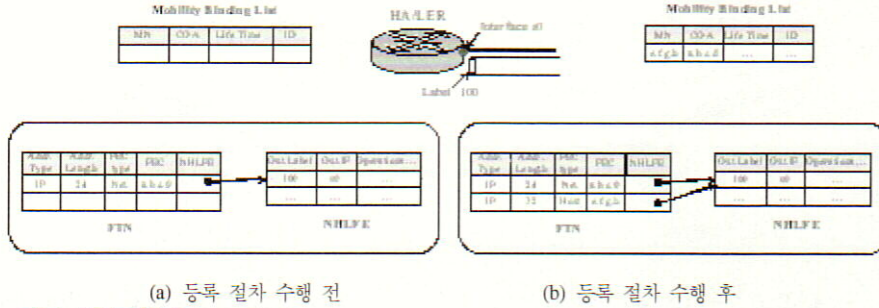
3.1 Mobile IP 터널과 MPLS LSP의 통합

MIP-LDP에 의하여 HA/LER과 모든 FA/LER 사이에 LSP가 준비되면 HA/LER은 이동노드의 등록요청 메시지에 의하여 FEC 집합화를 수행한다. Mobile IP가 FA COA를 사용하는 경우 HA/LER 관점에서는 이동노드의 COA와 이동노드가 위치한 FA/LER은 동일한 전송경로를 갖는다고 볼 수 있다. HA/LER에서 이동노드까지의 경로는 "COA까지의 경로+1홉의 무선구간"이고, COA는 FA/LER의 인터페이스 주소들 중 하나이므로 이동노드 홈 주소에 대한 호스트주소 FEC와 FA/LER 인터페이스들의 네트워크주소(network prefix) FEC 집합은 동일하다고 할 수 있다. 즉, FA/LER 인터페이스들에 대한 네트워크 주소 FEC 집합과 이동노드의 홈 주소에 대한 호스트주소 FEC는 집합화를 통해 하나의 LSP를 공유할 수 있다. 그러므로, HA/LER에 FA/LER의 모든 인터페이스를 네트워크 주소 FEC 집합으로 하는 LSP의 레이블 정보가 사전에 준비되

어 있다면 이동노드의 핸드오프는 등록요청 메시지 내의 COA의 네트워크주소 FEC를 LFIB(Label Forwarding Information Base)에서 찾아 메시지 내의 이동노드 홈 주소에 대한 호스트주소 FEC와 집합화를 통해 MIP-LDP에 의해 사전에 준비된 LSP를 Mobile IP의 터널로 대치함으로써 핸드오프 시에 통합으로 인한 추가적인 지연의 발생을 줄이 수 있다. HA/LER에서 수행되는 FEC 집합화는 다음과 같다.

- (1) 이동노드의 등록요청 메시지가 FA/LER로부터 MIP-LDP에 의하여 사전에 구성된 LSP를 통해 HA/LER에 도착하면 HA/LER은 자신의 모빌리티 바인딩 리스트를 검사한다.
- (2) 이동노드에 대한 바인딩 엔트리가 HA/LER의 모빌리티 바인딩 리스트에 존재하면 엔트리의 COA 필드를 이동노드의 등록요청 메시지 내의 COA 값으로 변경한다. 만약 엔트리가 존재하지 않으면 이동노드의 엔트리를 생성하여 등록한다.
- (3) HA/LER의 MPLS는 Mobile IP의 모빌리티 바인딩 리스트의 변화에 대하여 변화된 엔트리의 COA 필드값을 읽어 이의 네트워크 주소 FEC를 LFIB에서 검색한다.
- (4) 엔트리에서 이동노드 홈 주소를 읽어 이의 호스트주소 FEC와 검색한 COA의 네트워크 주소 FEC를 집합화 한다.
- (5) FEC의 집합화가 완료되면 HA/LER은 등록 응답 메시지를 집합화에 의해 사용 가능하게 된 LSP를 통하여 이동노드로 전달한다.

그림 3은 이동노드의 등록 메시지 도착에 의해 HA/LER에서 FEC 집합화가 수행되기 전과 수행된 후의 FTN(FEC-to-NHLFE)과 NHLFE(Next Hop Label Forwarding Entry)를 도식화 한 것이다. (a)에서 주소가 a.b.c.d인 FA/LER 인터페이스의 네트워크 주소 FEC가 MIP-LDP에 의하여 사전에 등록되어 있다. 모빌리티 바인딩 리스트는 이동노드가 자신의 홈 네트워크 내에 있다고 가정하여 엔트리가 존재하지 않는다. 홈 주소가 e.f.g.h인 이동노드가 자신의 홈 네트워크를 떠나 FA/LER 서비스 영역으로 핸드오프 한 이후에는 FTN이 (b)와 같이 변경된다. 모빌리티 바인딩 리스트에 이동노드의 엔트리가 등록되고, 동시에 LFIB에서는 FEC 집합화가 수행된다. 핸드오프 후에 목적지가 e.f.g.h인 패킷이 HA/LER에 도착하면 MPLS는 FTN에서 호스



(a) 등록 절차 수행 전 (b) 등록 절차 수행 후
 그림 3. FEC 집합화(aggregation)

트 주소 FEC 검색을 통해 레이블이 100인 LSP로 패킷을 교환한다.

본 논문에서 사용하는 통합 방안은 [8]의 방안을 기반으로 한다. [8]의 방안은 LSP를 HA/LER로 등록요청이 도착한 후에 등록요청 메시지에 기록된 MN의 COA를 호스트주소 FEC로 하여 downstream on-demand ordered 제어를 통해 구성한다. 만약, FA/LER에 n개의 인터페이스가 있고 FA COA를 사용하며, 이동 노드가 잠시 FA/LER을 벗어났다가 다시 돌아온 경우 이동 노드는 이전의 COA가 아닌 다른 COA를 선택할 수 있다. 그렇게 되면 LSP 설정과정을 다시 수행하여야 한다. 하지만 본 논문에서의 집합화는 MIP-LDP에 의하여 구성된 LSP는 FA/LER의 모든 COA의 네트워크주소를 FEC 집합화 하고 있으므로 [8]에서와 같은 문제는 발생하지 않는다.

3.2 LSP 준비

토폴로지 기반의 LSP 준비는 라우팅 테이블의 정보를 이용하여 수행된다. 기본 LDP^[16] 또는 CR-LDP^[17]는 단말의 이동에 의해 접속점이 바뀌는 Mobile IP를 위한 LSP 설정을 고려하지 않았으므로 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크를 위한 LDP의 확장이 필요하다. 본 장에서는 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크를 위한 MIP-LDP의 기능과 수행 절차를 제안한다. MIP-LDP는 LDP기반으로 하며, Mobile IP를 지원할 수 있도록 MPLS망 구성 초기화 시에 Mobile IP를 지원하는 LSP들을 사전 구성하도록 하는 기능을 추가한 것이다.

MIP-LDP는 서비스 망의 모든 LER이 MPLS 전달망 초기화 시에 자신의 모든 인터페이스 주소를 하나의 FEC 집합으로 하는 레이블을 결정하여 downstream ordered 제어방식으로 상류의 LER들로 전달함으로써 모든 LER에서부터 자신을 경로의 종단점으로 하는 LSP를 구성하도록 한 것이다. 그림

4는 MIP-LDP의 LSP 준비과정을 도식화 한 것이다.

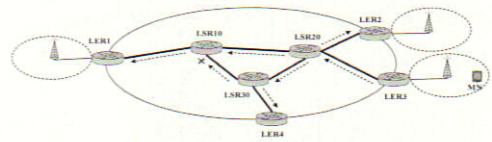


그림 4. MIP-LDP의 LSP 준비과정

경계라우터 LER1, LER2, LER4에서부터 LER3까지의 모든 LSP 설정을 위해 LER3의 MIP-LDP는 모든 인터페이스의 네트워크 주소에 대하여 하나의 FEC 집합에 대한 입력 레이블을 결정한 후 레이블 매핑 메시지에 실어 상류의 LSR20 MIP-LDP로 전송한다. 동시에 LER3의 MIP-LDP는 자신의 LFIB에 반드시 LSP의 종단점임을 나타내기 위하여 ILM(Incoming Label Map)에 입력 레이블로 기록하여야 한다. LSR20 MIP-LDP는 레이블 매핑 메시지가 도착한 인터페이스가 이 FEC 집합으로 라우팅하기 위한 다음 홉지를 라우팅 테이블에서 확인한다. 매핑 메시지의 도착 인터페이스가 FEC 집합에 대한 다음 홉임이 확인되면 LSR20의 MIP-LDP는 매핑 메시지의 레이블을 LFIB의 ILM과 NHLFE의 필드에 출력 레이블로 기록한다. 그림 4의 LSR30에서와 같이 LSR10으로 보낸 메시지처럼 송신자가 FEC 집합의 다음 홉이 아닌 경우는 메시지가 폐기된다.

LSR20 MIP-LDP는 FEC 집합에 대하여 다시 자신의 입력 레이블을 결정한 후 LER2, LSR10, LSR30의 MIP-LDP로 레이블 매핑 메시지를 전달한다. 동시에 자신의 ILM에 입력 레이블로 기록한다. LER2, LSR10, LSR30에서도 LSR20와 같은 과정을 반복하고 자신이 경계 라우터인 경우 매핑 메시지의 전달을 종료한다. LER3에 대한 MIP-LDP의 LSP 준비과정이 완료되면 LER3를 종단점으로 하

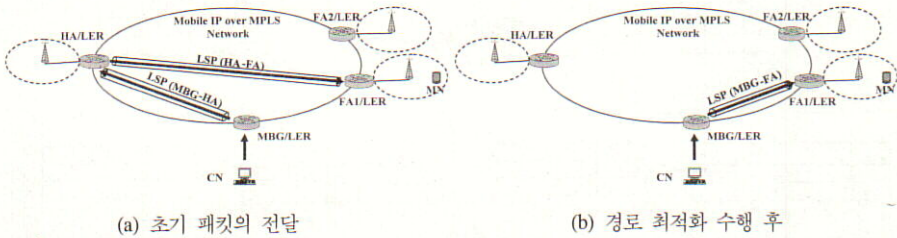


그림 5. Route optimization

는 3개(LER1 → LSR10 → LSR20 → LER3), (LER2 → LSR20 → LER3), (LER4 → LSR30 → LSR20 → LER3)의 LSP가 구성된다. 그림4의 MIP-LDP에 의해 구성되는 Mobile IP 지원 LSP는 코어 라우터 LSR20에서 레이블 병합이 되고, 이러한 레이블 병합은 코어 망의 레이블 확장성을 확보할 수 있다.

IV. 경로 최적화

4.1 Mobile IP 지원 LSP를 이용한 패킷 전달

MIP-LDP에 의해 LSP의 준비과정이 완료되면 HA/LER의 MPLS는 모빌리티 바인딩 리스트의 변화를 감지한다. 이동노드가 새로운 FA/LER의 서비스 영역으로 이동하면 에이전트 발견과정에서 획득한 COA를 등록 요청 메시지에 실어 FA/LER로 전송하고, FA/LER은 자신의 서비스 영역에 들어온 이동노드를 방문자 리스트와 라우팅 테이블에 등록한 후 HA/LER로 등록 요청 메시지를 전달한다. 등록 요청 메시지는 IP의 홉 기반 라우팅이 아닌 MIP-LDP에 의해 사전에 구성된 LSP를 통해 HA/LER로 교환된다. 등록 요청 메시지가 HA/LER에 도착하면 그림 3의 (b)와 같이 FEC 집합화가 수행된다.

인터넷으로부터 이동노드를 목적지로 하는 패킷이 Mobile IP 서비스 망의 MBG/LER에 도착하면 MBG/LER의 MPLS는 패킷의 목적지 주소를 네트워크 주소 FEC로 하는 LSP를 통해 패킷을 HA/LER로 교환한다. 이 LSP의 종단점은 HA/LER이므로 HA/LER의 MPLS는 이 패킷을 상위 계층인 IP로 전달할 것인지 아니면 다른 LSP를 통해 교환할 것인지 결정하기 위해 패킷의 목적지 주소를 호스트 주소 FEC로 하는 LSP의 존재를 LFIB에서 확인한다. 패킷의 목적지 주소를 호스트 주소 FEC로 하는 LSP가 존재하면 MPLS는 패킷을 상위 IP계층으로 전달하지 않고 이 LSP를 통해 패킷을 교환한

다. 만약 호스트 주소 FEC가 존재하지 않는다면 MPLS는 상위계층의 IP로 패킷을 전달한다.

HA/LER의 MPLS가 이동노드로 패킷을 다시 교환하는 경우의 LSP는 그림 3의 (b)와 같이 FEC 집합화 되어있으므로, 이 LSP가 끝나는 지점은 이동노드가 위치하고 있는 FA/LER이 된다. 패킷이 FA/LER에 도착하면 HA/LER의 경우와 동일하게 MPLS는 상위 계층인 IP로 패킷을 전달할 것인지 아니면 다른 LSP로 교환할 것인지 결정하기 위해 패킷의 목적지 주소에 대한 호스트 주소 FEC의 존재를 확인한다. 이동노드가 FA/LER의 서비스 영역에 있는 상황이므로 목적지의 호스트 주소 FEC가 존재하지 않고, 따라서 패킷은 상위 계층인 IP로 전달된다. IP는 이동노드의 등록과정 중에 라우팅 테이블에 기록하여 놓았던 이동노드의 라우팅 정보를 이용하여 패킷을 이동 노드로 라우팅 한다.

본 논문에서는 MBG/LER에서 FA/LER까지의 경로를 LSP의 확장 방식을 사용하지 않고 MBG/LER에서 HA/LER까지의 LSP와 HA/LER에서 FA/LER까지의 LSP로 이분화하고 LSP의 연결점에 있는 LER의 MPLS가 호스트 주소 FEC를 검색하여 교환하도록 하였다. 이는 본 논문의 통합 방안이 하나의 LSP를 다수의 흐름이 공유하도록 하여 LSP 설정 지연을 줄이는 것이 목적인데 반해 공유되고 있는 LSP를 확장하게 되면 패킷이 잘못된 경로로 교환되어 집중화하는 현상을 보이기 때문이다.

4.2 경로 최적화(Route optimization)

Mobile IP 서비스 망에서 패킷의 입력 라우터에서 FA/LER에 패킷이 도착할 때까지 IP는 패킷의 전달에 전혀 관여하지 않는다는 것을 알 수 있다. 이는 MPLS와 Mobile IP의 통합을 통해 터널링에 필요한 캡슐화와 역캡슐화 과정을 생략할 수 있고 원 패킷 그대로를 전송하므로 DiffServ와 같이 흐름의 식별 문제를 갖고있지 않다는 것을 의미한다. 하지만, 패킷이 HA/LER를 반드시 거쳐서 이동노드까지 전달되어야하기 때문에 전체 전송경로가 길어지

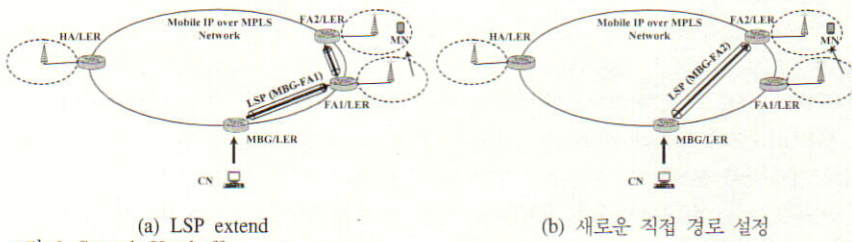


그림 6. Smooth Hand-off

는 삼각 라우팅 문제는 해결되지 않는다. 화상회의, VOD 등의 실시간 멀티미디어 서비스의 QoS 보장을 위해서는 전송지연을 최소화하고 대역폭을 보장할 수 있어야 한다. 그러기 위해서는 HA/LER을 거치지 않고 MBG/LER에서 FA/LER로 직접 교환이 가능한 최단 경로의 LSP를 설정 하여야한다.

HA를 거치지 않고 CN(Correspondent Node)으로부터 이동노드의 COA로 직접적인 터널을 구성하는 방안으로 Mobile IP의 경로 최적화(Route Optimization)가 있다. 하지만 경로 최적화 방안은 기존의 IP망에 연결된 노드들이 이동노드에 대한 바인딩 정보를 저장하기 위한 바인딩 캐시를 유지하여야 하고, 터널링을 수행하도록 기능을 변경해야 하는 문제점이 있다. 본 절에서는 기존의 인터넷 노드의 변화를 요구하지 않는 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크의 경로 최적화 방안을 제안한다.

그림 5에서는 CN이 아닌 Mobile IP 서비스 망의 모든 경계 라우터에 바인딩 캐시 정보를 유지하도록 하며, 이 바인딩 캐시에는 이동노드에 대한 현재의 COA 정보를 저장한다. 인터넷에서 MBG/LER로 이동노드(MN)를 목적지로 하는 패킷이 최초로 도착하였다 가정하면 MBG/LER은 4.1절의 방법으로 그림 5의 (a)와 같이 HA/LER을 거쳐 MN으로 패킷을 전달 하게된다. 경로 최적화를 위하여 MBG/LER의 MPLS는 바인딩 캐시에 이동노드에 대한 엔트리를 생성하여 등록한다. 이동노드를 위해 생성된 바인딩 엔트리의 COA 필드는 비어있고, 이 필드의 값이 이동노드의 현재 COA 값으로 채워질 때까지 MBG/LER에서는 이동노드를 목적지로 하는 모든 패킷은 그림 5의 (a)와 같은 경로로 교환이 계속된다.

MPLS의 바인딩 캐시 엔트리 등록에 대하여 MBG/LER의 ROA(Route Optimization Agent)는 이동노드의 홈 링크 지향 방송(home-link directed broadcast) 주소를 목적지로 하는 바인딩 요청 메시지를 생성하고, 이를 이동노드의 홈 네트워크 주소

를 FEC로 하는 LSP를 통해 교환한다. 바인딩 요청 메시지는 이동노드의 홈 네트워크에서 방송되어 HA/LER이 수신하게된다. HA/LER의 ROA는 메시지를 전송한 MBG/LER에 대한 정보와 MBG/LER이 요구한 이동노드의 정보를 MBG 캐시에 저장하고, 이동노드의 현재 COA 바인딩 정보를 바인딩 업데이트 메시지를 이용해 MBG/LER로 교환한다.

바인딩 업데이트 메시지가 MBG/LER의 ROA에 전달되면 바인딩 캐시의 이동노드 엔트리에서 COA 필드를 바인딩 업데이트 메시지의 COA 값으로 수정한다. 바인딩 캐시가 변경되면 MPLS는 HA/LER에서의 FEC 집합화와 동일한 방법으로 이동노드의 호스트주소 FEC를 FEC 집합화 한다. 이후부터 이동노드를 목적지로 하는 패킷이 MBG/LER에 도착하면 그림 5의 (b)와 같이 HA/LER을 거치지 않고 COA(FA1/LER)로 바로 교환된다.

4.3 Smooth hand-off

경로 최적화에 의해 설정된 최단 경로 LSP를 통한 MBG/LER의 직접적인 패킷 교환은 이동노드가 새로운 FA/LER로 이동하게 되는 경우 MBG/LER은 이동노드의 이동에 대하여 알지 못함으로 인해 잘못된 패킷의 전달이 수행될 수 있다는 문제점이 있다. 결국 이동노드가 이동하고 난 후에도 이전의 FA/LER로 패킷을 계속해서 교환하게된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 그림 6과 같은 smooth hand-off 방안이 필요하다.

그림 6에서 이동노드는 FA1/LER에서 FA2/LER의 서비스 영역으로 이동하면 Mobile IP 등록 요청 메시지에 이전 FA 통지 확장(previous FA notification extension)을 추가하여 FA2/LER로 전송한다. FA2/LER은 등록 요청 메시지를 HA/LER로 전달하기 전에 FA1/LER로 MIP-LDP에 의해 구성된 LSP를 통해 바인딩 업데이트 메시지를 전송한다. FA1/LER의 ROA는 바인딩 업데이트 메시지를 수신한 후 이동노드에 대한 바인딩 엔트리를 생성하고 바인딩 캐시에 등록한다. FA1/LER의 바인딩

캐시 변경에 대하여 MPLS는 그림 3의 (b)와 같이 FEC 집합화를 수행한다. 이 과정이 완료되면 그림 6의 (a)와 같이 MN을 위한 MBG/LER에서 FA1/LER을 거쳐 FA2/LER 까지 확장된 개념의 경로가 구성되어 MBG/LER이 MN의 이동을 인식하지 못한 상태라도 계속해서 MN으로 패킷의 전송이 가능하게 된다. 이동노드의 이동은 이웃한 FA/LER 사이에서 발생할 확률이 높으므로 비교적 빠른 경로 확장이 가능하고 핸드오프에 의한 패킷 손실을 줄일 수 있다.

FA2/LER은 FA1/LER로 바인딩 업데이트 메시지를 전송함과 동시에 HA/LER로 이동노드의 등록 요청메시지를 MIP-LDP에 의하여 미리 구성된 LSP를 통해 전달한다. HA/LER은 등록 요청 메시지에 대하여 적절한 검정 절차를 거쳐 자신의 모빌리티 바인딩 리스트에서 이동노드에 대한 바인딩 엔트리를 수정하고, MIP-LDP에 의하여 구성된 LSP로 등록 응답 메시지를 FA2/LER로 보냄으로써 핸드오프를 완료한다.

HA/LER의 모빌리티 바인딩 리스트에 변화는 ROA가 감지하게 된다. ROA는 자신의 MBG 캐시에서 이동노드를 목적으로 하는 패킷의 모든 입력 라우터들을 검색하고, 검색된 라우터의 ROA로 이동노드에 대한 바인딩 업데이트 메시지를 MIP-LDP에 의해 구성된 LSP를 통해 전달한다. 결과적으로 현재 FA1/LER을 중단점으로 하는 LSP를 그림 6의 (b)와 같이 FA2/LER를 중단점으로 하는 LSP로 변경된다.

V. Mobile IP over MPLS 프레임워크와 기존 통합방안과의 비교

5.1 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크와 Qo

Mobile IP는 터널의 구성을 위한 제어신호 전송을 담당하는 제어평면과 구성된 터널을 통해 패킷의 전송을 담당하는 데이터평면으로 구분되어진다. RTP^[18]와 같이 전송지연에 민감한 실시간 멀티미디어 프로토콜의 QoS 보장을 위해서는 지연을 최소화하고 전송 오버헤드를 줄이는 것이 필수적이다. Mobile IP 서비스 망에서 실시간 멀티미디어 서비스의 QoS 향상을 위해서는 데이터평면을 MPLS 전달망으로 구성하여 지연 및 오버헤드를 줄일 수 있다. MPLS의 경우 IP 망에서 패킷의 전송경로를 사전에 결정함으로써 ATM과 같은 연결형 서비스의

장점을 제공할 수 있기 때문에 트래픽 엔지니어링과 같은 다양한 QoS 기법들을 적용할 수 있다.

본 논문의 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크는 Mobile IP에서 실시간 멀티미디어 서비스 흐름의 QoS 보장을 위한 방안의 연구를 위하여 Mobile IP 데이터평면으로 MPLS를 사용하고 제어평면의 제어 정보를 MPLS가 인식하도록 하여 MPLS가 IP 기반의 이동 인터넷 서비스를 지원하도록 확장하였다. 특히, 레이블의 분배를 위하여 서비스 초기화 시에 Mobile IP 지원 LSP를 구성하는 MIP-LDP를 제안하여 MPLS로 인한 Mobile IP의 핸드오프 지연의 증가를 최소화하도록 하여 패킷손실을 줄였다.

5.2 이전 연구와의 비교

Mobile IP와 MPLS의 통합을 위한 선행연구는 "Mobile IP와 MPLS의 통합"^[8], "MPLS 기반의 계층형 Mobile IP 망"^[9], "프로파일 기반의 Mobile MPLS 프로토콜"^[10] 그리고 "IP기반 무선 접속망에서의 이동성 인식 MPLS"^[11]로 정리된다. [8][9]는 macro-mobility에 대한 MPLS와의 통합 방안을 제시하고 있고, [11]은 micro-mobility에 대한 MPLS와의 통합 방안을 제시하고 있다. [10]의 경우는 경로 최적화 방안을 제안하고 있으나 호스트인 CN이 LSP 구성에 참가하여야 하는 오류를 범하고 있다. [9]는 특히 계층적인 LSP 구성을 통해 핸드오프를 지역화 함으로써 빠른 핸드오프가 수행되도록 하고 있다. 본 논문에서 제시한 방안과 선행연구와의 차이점은 표1과 같다.

본 논문에서 제안한 QoS 보장형 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크에서는 코어 LSR에서의 레이블 확장성을 고려한 MIP-LDP를 통해 MPLS 망의 초기화 시에 LSP를 사전 설정하고, 이를 FEC 집합화를 통해 다수의 흐름이 공유하도록 함으로써 MPLS와의 통합으로 인한 Mobile IP의 핸드오프 지연 증가를 최소화하였다. 또한 중단간 핸드오프 수행에 의한 지연의 감소를 위하여 Mobile IP의 제어 메시지 전송을 LSP를 통해 수행되도록 하였다. 특히, 경로 최적화와 smooth hand-off를 통해 전송 지연에 민감한 실시간 멀티미디어 서비스의 QoS를 보장할 수 있는 구조를 제안하였다.

선행 연구들이 터널 구간의 LSP 설정에 대하여 서만 통합 방안들을 제시하고 있는 것과는 달리 본 논문은 패킷의 입력 LER에서부터 이동노드가 현재 위치해 있는 출력 LER까지의 전구간에 대한 효과적인 LSP 운영 방안을 제시하였다.

표 1. Mobile IP와 MPLS의 통합기법 비교

비 고	Integration of Mobile IP and MPLS ^[6]	MPLS-based hierarchical mobile IP network ^[9]	Mobility aware MPLS ^[11]	QoS 보장형 Mobile IP-over-MPLS (본 논문 제안)
mobility	Macro	Macro	Micro	Macro
통합 방법	FEC aggregation	FEC aggregation	FEC replace	FEC aggregation
LSP 통합구간	HA-FA	hierarchical (HA-FA)	GW-BS	MBG-FA
LSP 구성 시점	MN의 초기 등록 과정 수행 시	MN을 목적지로 하는 최초 패킷의 도착 시	서비스 초기화 시	서비스 초기화 시
LDP 제안	없음	없음	없음	MIP-LDP
통합 구간에서의 LSP 수	하나의 COA에 하나의 LSP 설정	하위 계층에서 하나의 COA에 하나의 LSP 설정	서비스 클래스별로 하나의 LSP 설정	하나의 FA에 하나의 LSP 설정
label merge	없음	없음	없음	수행
Mobile IP 등록 메시지들의 전달	hop-by-hop	hop-by-hop	via signaling LSP	via LSP
등록 수행구간 (등록시간)	end-to-end (높음)	regional (빠름)	end-to-end (보통)	end-to-end (보통)
MN의 이동에 따른 LSP 재구성	경우에 따라 필요	경우에 따라 필요	필요 없음	필요 없음
route optimization	없음	없음	없음	있음
smooth hand-off	없음	없음	없음	있음
label scalability	중간	중간	낮음	높음

VI. 결론

본 논문은 Mobile IP의 데이터평면을 MPLS 전달망으로 대처하여 전달성능을 높임으로써 실시간 멀티미디어 흐름의 QoS를 보장하는 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크의 개선 방안을 제안하였다. 제안된 구조에서는 Mobile IP의 삼각 라우팅에 의한 긴 라우팅 경로를 최적화하기 위한 경로 최적화와 smooth hand-off 방안을 MPLS 상에서 수행할 수 있도록 ROA(Route Optimization Agent)를 추가하였다. 또한 MIP-LDP에 의한 LSP의 준비는 코어 망에서의 레이블 확장성을 향상시킬 수 있도록 하였다. Mobile IP와 MPLS의 통합 문제 해결을 위한 선행 연구들과는 달리 Mobile IP의 QoS 요구사항인 확장성, 낮은 처리 오버헤드 그리고 다양한

Mobile IP 전송 모드와의 상호 연동성을 만족한다.

본 논문에서 제안한 Mobile IP-over-MPLS 프레임워크는 MPLS 망에서 IP 기반의 이동성 인터넷 서비스를 효율적으로 운영할 수 있는 장점이 있고, 이를 통하여 QoS 보장 방안들을 고정 IP 망과 동일한 관점에서 구현할 수 있다. Mobile IP-over-MPLS 프레임워크는 DiffServ-aware-MPLS를 고려하여 설계되었으며, 트래픽 엔지니어링과 제약기반 라우팅을 적용과 같은 연구를 위한 기본 프레임워크로 사용이 가능하다. 향후 연구로는 통합을 위한 정보의 효율적인 관리와 제공을 위한 디렉토리 서비스구조와 Mobile IP-over-MPLS에서의 멀티미디어 흐름별 QoS 보장 방안 및 장애복구 방안에 대하여 수행하고자한다.

참 고 문 헌

- [1] RFC 3344, "IP Mobility Support for IPv4", *IEFT*, Aug. 2002.
- [2] RFC2210, "The use of RSVP with IETF Integrated Services," *IETF*, Sep. 1997.
- [3] RFC2475, "An Architecture for Differentiated Services," *IETF*, Dec. 1998.
- [4] RFC 3031, "Multiprotocol Label Switching Architecture", *IEFT*, Jan. 2001.
- [5] Torsten Braun, Claude Castelluccia, Gunther Stattenberger, "An Analysis of the DiffServ Approach in Mobile Environment," *IWQIM'99*, Apr. 1999.
- [6] Eric Osborne, Ajay Simha, *Traffic Engineering with MPLS*, Cisco Press, Jul. 2002.
- [7] Srinivas Vegesna, *IP Quality of Service*, Cisco Press, 2001.
- [8] Zong Ren, Chen-Khong Tham, Chun-Choong Foo, Chi-Chung Ko, "Integration of Mobile IP and Multi-Protocol Label Switching," *ICC2001*, pp2123-2127, 2001.
- [9] Taiwon Um, Junkyun Choi, "A study on path re-routing algorithms at the MPLS-based hierarchical mobile IP network," *TENCON2001*. 2001.
- [10] Tingzhou Yang, Yixin Dong, Bin Zhou, Dimitrios Makrakis, "Profile-Based Mobile MPLS Protocol", *Proceeding of the 2002 IEEE Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering*, 2002.
- [11] Heechang Kim, Kuok-Shoong D. Wong, Wai Chen, Chi Leung Lau, "Mobility-aware MPLS in IP-based

Wireless Access Networks," *GLOBECOM01*, pp3444-3448, 2001.

- [12] RFC3024, "Reverse Tunneling for Mobile IP," *IETF*, Jan. 2001.
- [13] Internet Draft, "Route Optimization in Mobile IP," *IETF*, Sep. 2001.
- [14] Takeshi Ihara, Hiroyuki Ohnishi, "Mobile IP route optimization method for a carrier-scale IP Network," *ICECCS2000*, 2000.
- [15] Internet Draft, "Requirements of a QoS Solution for Mobile IP," *IETF*, Jul. 2002.
- [16] RFC3036, "LDP Specification," *IETF*, Jan. 2001.
- [17] RFC3212, "Constraint-Based LSP Setup using LDP," *IETF*, Jan. 2002.
- [18] RFC1889, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," *IETF*, Jan. 1996.

김 영 탁(Young-Tak Kim)

정회원



1984년 2월 : 영남대학교
전자공학과 졸업(공학사)
1986년 2월 : 한국과학 기술원
(KAIST)전기 및 전자 공학과
졸업(공학석사)
1990년 2월 : 한국과학 기술원
(KAIST) 전기 및전자공학과 졸업 (공학박사)
1990년 3월~1994년 8월 : 한국통신 통신망연구소
전송망구조 연구실장
1994년 9월~현재 : 영남대학교 공과대학 정보통신
공학과 부교수

<주관심분야> NGI, MPLS, TMN/TINA, SNMP 체계의 통신망 운용관리

김 호 철(Ho-Cheal Kim)

정회원



1989년 2월 : 경북대학교
전자공학과 졸업
1999년 2월 : 영남대학교
멀티미디어통신공학과
석사 졸업
1999년 3월~현재 : 영남대학교
멀티미디어통신공학과

박사과정

1989년 1월~1995년 7월 : 삼성전관(SDI) 기술본부
종합연구소 주임연구원
1995년 8월~1996년 4월 : 삼성중공업 상용차사업부
기술지원 대리
2001년 3월~현재 : 울산과학기술대학 컴퓨터정보학부
전임강사

<주관심분야> Mobile IP, NGI, MPLS