

IP 기반 네트워크에서 빠르고 확장성이 용이한 플로우 이동성 관리 방법

임 태 형*, 경 연 웅*, Tri Minh Nguyen*, 홍 기 원*, 박 진 우*

A Fast and Scalable Mobile Flow Management Method for IP-Based Mobile Networks

Taihyong Yim*, Yeunwoong Kyung*, Tri Minh Nguyen*, Giwon Hong*, Jinwoo Park*

요 약

본 논문에서는 IP 기반의 이동 네트워크에서 빠르고 확장성이 용이한 상태 보존형 (Stateful) 플로우 라우팅을 포함하는 플로우 이동성 관리 방법을 제안하였다. 제안된 방식은 단말의 이동성을 고려하여 플로우 라우팅을 수행하는 크로스오버 플로우 라우터를 도입하여 분산적으로 플로우 이동성을 관리하도록 하였고, 이로써 기존의 IP 패킷 라우팅에 의한 기존의 이동성 지원 방법의 문제점인 긴 지연 시간과 이동성 관리 오버헤드 문제를 완화시킬 수 있도록 하였다. 제안된 방식의 성능 분석을 수행하여 기존의 IP 기반 이동성 지원 방식들과 비교하였으며, 이를 통해 제안된 방식의 우수성을 증명하였다.

Key Words : Mobility, Handoff, QoS, Scalability, Flow routing

ABSTRACT

In this paper, we propose a fast and scalable flow mobility management scheme based on the flow-based stateful routing for the IP-based mobile networks. The proposed scheme employees the crossover flow routers as mobility anchors to perform the distributed flow-based mobility management of the moving terminals, while aims to reduce the long handoff delay and the processing overhead of the existing IP packet routing. We evaluated the performance of the proposed scheme and verified the superior performance of the proposed scheme by comparing with the results of IP-based mobility management schemes.

1. 서 론

현재 IP 네트워크에는 웹 서비스, VoIP (Voice over IP) 서비스, 스트리밍 서비스 등 다양한 종류의 서비스가 공존하고 있다. 각 서비스는 시간지연, 손실

률, 지터 (Jitter) 등에서 서로 다른 QoS (Quality of Service) 수준을 요구하지만, IP 네트워크는 “Best effort 서비스”를 지향하는 IP 패킷 단위의 라우팅 및 상태 비보존형 (Stateless) 라우팅 방식을 사용하기 때문에 QoS를 제공하기 위한 연결 수락 제어 (Call

※ 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(정보통신) [10043462, NLOS/ LOS무선환경에서 소형셀 기지국과 백본망 (EPC)을 연결하는 기가비트급 무선백홀 전송시스템 개발]과 미래부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업 [2013-005-031-001, 단말협업형 Giga급 스마트 클라우드릿 핵심 기술 개발]의 연구결과로 수행되었습니다.

• First Author : 고려대학교 전기전자공학과 통신네트워크 연구실, autonome@korea.ac.kr, 정희원

• Corresponding Author : 고려대학교 전자전기공학과 통신네트워크 연구실, jwpark@korea.ac.kr, 종신희원

* 고려대학교 전기전자공학과 통신네트워크 연구실, ywkyung@korea.ac.kr, trimm@korea.ac.kr, shalaman@korea.ac.kr,

논문번호 : KICS2013-09-006, 접수일자 : 2013년 9월 25일, 심사일자 : 2013년 11월 28일, 최종논문접수일자 : 2014년 1월 4일

Admission Control), 스케줄링, 네트워크 가상화 서비스 등의 지원에 어려움이 있다. 특히, 무선 단말의 급증으로 인하여 이동 무선 트래픽이 급증하고 있는 상황을 고려할 때 이동 무선 네트워크에서 이용자 서비스 별로 요구하는 QoS 수준을 파악하여 이를 만족시키는 더욱 정교하고 효율적인 트래픽 관리 방법이 요구된다.

이러한 요구에 부합하여 최근 유무선 액세스 네트워크에서 코어 네트워크까지 광범위하게 플로우 단위의 트래픽 관리 기술이 각광을 받고 있다^[1]. 플로우 트래픽 관리 기술은 라우터에서 플로우의 상태 정보를 유지하는 보존형 (Stateful) 라우팅 방식을 사용함으로써, 각 플로우에 포함된 모든 패킷들이 플로우의 QoS 요구사항에 따라 동일하게 처리될 수 있도록 하는 방법이다. 플로우 트래픽 관리 기술은 상태 보존형 라우팅 방식을 통해 전송단에서 플로우 단위의 세분화된 연결 수락 제어, 스케줄링, 망 자원 관리 등을 가능하게 한다. 그러나 이동 무선 네트워크의 액세스 단에서는 단말의 이동으로 인하여 데이터 플로우의 전달경로가 자주 변경 될 수 있기 때문에 개별적인 플로우 단위로 핸드오버를 지원하는 방안이 필수적이다. 지금까지 MIP (Mobile IP)^[10], Hierarchical Mobile IP (HMIP)^[11], Proxy Mobile IP (PMIP)^[12] 등의 IP 기반의 이동성 지원 방식을 포함하여 많은 핸드오버 방안이 제안되었지만 대부분의 방식들은 여전히 단말 이동성 (Terminal Mobility)을 지원하는데 그치고 있고 플로우 이동성 (Flow Mobility) 지원 방안에 대한 연구는 시작단계에 있다.

기존의 IP 계층의 이동성 지원 프로토콜인 MIP나 PMIP은 이동성 지원을 위해 두 가지 핵심 요소를 보유하고 있는데, MIP의 HA (Home Agent)나 PMIP의 LMA (Local Mobility Anchor)와 같이 도메인 내에 단말의 위치 정보를 관리하고 라우팅을 수행하는 노드 그리고 MIP의 FA (Foreign Agent)나 PMIP의 MAG (Mobile Access Gateway)와 같이 단말이 접속할 경우 이를 보고하는 노드들이 단말의 이동성을 관리한다. 이러한 구조는 효율적인 이동성 관리의 장점이 있는 반면, 이동성 관리 노드 간의 거리에 따라 긴 핸드오버 지연 시간이 발생할 수 있고, 이동성 관리의 제어 메시지가 특정 노드로 집중되는 문제점이 있다. 이러한 문제는 플로우 기반의 이동성 관리를 수행할 때 시간 지연에 민감한 플로우의 이동성 관리나 플로우 별 이동성 관리로 인한 이동성 관리 오버헤드 증가로 인하여 더욱 가중될 수 있기 때문에 보다 빠르고 확장이 용이한 플로우 이동성 관리 방법이 필요하다.

본 논문에서는 플로우 기반의 라우팅을 수행하는 크로스오버 플로우 라우터 (Crossover Flow Router)에 의한 플로우 이동성 관리 방법을 제안한다. 제안된 방식은 액세스 라우터 (Access Router)와 이동성 관리 앵커 노드 (Mobility Anchor)의 사이에 크로스오버 플로우 라우터를 새로 위치하도록 하여, 핸드오버를 보다 신속하게 인지함으로써 빠른 핸드오버를 지원하고 플로우 이동성 관리를 위한 제어 메시지를 분산하여 처리함으로써 확장이 용이한 네트워크 구조를 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서는 관련연구로써, 플로우 기반의 트래픽 처리 방법에 대해 알아본다. 3장에서는 제안하는 플로우 이동성 관리 방법에 대해 소개하고, 4장에서 제안된 방식의 성능 평가를 수행한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 플로우 기반의 트래픽 관리 기술

패킷 스위칭 기반의 IP 네트워크는 초기 라우터의 메모리 한계와 프로세싱 파워의 한계로 인해 라우팅 테이블 엔트리를 집합하여 관리하였다. 즉, 라우터는 같은 출력 인터페이스로 전달되는 라우팅 목적지 주소들에 대해 통합된 라우팅 테이블 엔트리를 유지 관리하였기 때문에 라우팅 테이블의 사이즈는 효율적으로 줄어들었다. 그러나 이로 인하여 패킷이 라우터에 도착하면 IP header의 목적지 주소와 가장 유사한 주소에 해당하는 라우팅 테이블 엔트리를 찾는 “Longest prefix matching” 방식을 사용하게 되었고, 이러한 방식은 정확히 일치되는 값을 검색하는 해시 방식 등과 비교하여 평균적으로 긴 탐색 시간의 단점을 갖는다^[13].

또한 라우터의 메모리 제약으로 IP 라우팅의 방식은 상태 비존형 (Stateless) 방식으로 수행되어 라우터는 처리한 패킷에 대한 정보를 저장하지 않고 매번 패킷이 올 때 마다 독립적으로 처리한다. 이로 인하여 IP 네트워크는 특정 서비스가 요구하는 연속적인 성능을 보장하기 힘들고 망의 연결 수락 제어가 불가능하다. 또한 경로 선택 시 제한된 정보(e.g. 목적지 IP 주소)만을 가지고 경로를 결정하므로 네트워크의 트래픽 상황이나 자원 효율에 따른 경로 최적화가 힘들다.

이러한 IP 패킷 라우팅의 한계를 개선하기 위해 플로우 단위의 상태 보존형 (stateful) 라우팅을 이용한 QoS 제공 방안들이 꾸준히 연구되고 있다. [1]에서는 지금까지 제안된 플로우 기반의 트래픽 관리 방안들

이 잘 정리되어 있다. 각각의 제안된 방식들은 플로우의 정의나 플로우 인지 방법, 플로우의 QoS 정책 및 처리 방안 등에서 조금씩 차이를 보이고 있으나 플로우의 상태 정보를 라우터에서 보관하고 이를 기반으로 플로우 단위의 연결 수락 제어, 스케줄링 등을 수행하는 점에서 동일하다. 플로우는 일반적으로 송수신자의 IP 주소 한 쌍, 포트번호 한 쌍, 전송 계층의 프로토콜로 구성된 5 tuple 정보를 통해 정의되고, 동일한 5 tuple 정보를 가진 패킷들을 하나의 플로우로 구성한다. 이를 위해 플로우 라우터는 기존의 라우팅 테이블 외에 플로우의 리스트를 관리하는 플로우 엔트리 테이블을 별도로 관리한다. 패킷이 라우터에 도착하면, 라우터는 해당 패킷의 IP 헤더 정보에서 5 tuple 정보를 추출하여 자신이 가지고 있는 플로우 엔트리 테이블에서 해싱 기반의 매칭 방식을 통해 검색하고 동일한 플로우에 속하는 패킷의 경우에는 이전 플로우의 처리 정보에 따라 동일한 처리를 수행한다. 만일 처음 도착한 패킷이라면 망의 혼잡 상태나 자원 상태 등을 고려하여 미리 약속된 QoS 정책 등에 의해 수락 여부를 결정하고 수락 시 새로운 플로우 엔트리를 생성한다.

플로우 단위의 처리를 위해서 라우터는 대용량 메모리와 고성능 프로세싱 파워를 제공하는 라우터를 요구하고 있으나 이러한 문제는 하드웨어의 발전으로 많은 부분 해결되어 이미 상용화 장비가 출시되고 있는 실정이다. 그러나 이동 무선 네트워크에서 플로우 단위의 트래픽 관리를 처리하기 위해서는 여전히 고

려해야 할 사항이 있다. 특히 이동성을 제공하기 위해 이동성 관리 노드가 관리해야 하는 플로우 수가 증가함에 따라 이동성 관리 노드의 부하를 줄이기 위한 방안이 요구된다.

플로우 단위의 이동성 지원을 위한 방안으로 IETF는 flow mobility^[14]를 지원하는 새로운 방안을 제안하였다. 그러나 이는 PMIPv6에서 이중망 인터페이스 간의 세션의 연속성을 지원하기 위한 flow mobility에만 초점을 맞추고 있기 때문에 앞서 기술한 문제를 해결하지는 못하고 있다.

플로우의 이동성 관리 문제는 플로우 수의 증가로 인하여 노드가 관리해야 하는 플로우 수가 증가하는 것 뿐만 아니라, 네트워크에서 전달되는 이동성 지원 시그널링 메시지 자체가 크게 증가 할 수 있기 때문에 망의 혼잡 시 시그널링 메시지의 손실 및 지연으로 인한 서비스 품질 저하가 우려될 수 있다. 따라서 이를 해결 할 수 있는 보다 빠르고 확장이 용이한 플로우 이동성 관리 방법이 필요하다.

III. 제안하는 플로우 이동성 관리 방법

3.1 제안하는 망 구조 및 구성 노드

본 논문에서는 이동 무선 네트워크에서 크로스오버 플로우 라우터를 통한 빠르고 확장성 있는 플로우 이동성 관리 방법을 제안한다. 그림 1은 기존의 대표적인 IP 기반의 이동성 프로토콜 중 PMIPv6의 망구조 (a) 와 제안하는 방식의 망구조 (b)를 각각 나타낸다.

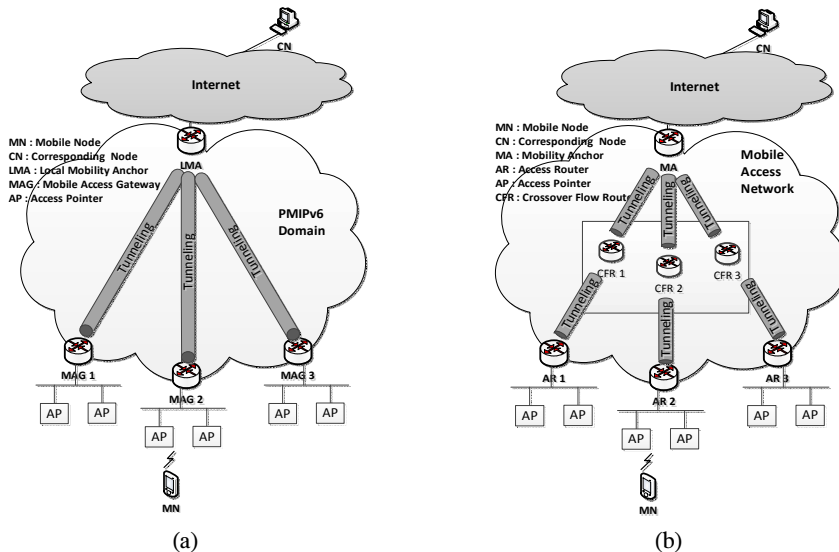


그림 1. (a) PMIPv6 망 구조 (b) 제안하는 망 구조
 Fig. 1. (a) PMIPv6 network architecture (b) Proposed network architecture

일반적인 IP 이동성 지원 프로토콜은 도메인 내에서 하나의 상위 이동성 관리 노드와 다수의 하위 액세스 라우터들의 2계층 트리 구조를 갖고 상위 노드와 하위 노드 간 터널링을 통해 이동성을 지원한다. 반면, 제안하는 망구조는 기존의 상위-하위 이동성 지원 노드들 사이에 제안하는 크로스오버 플로우 라우터 (CFR)가 위치하여, 패킷 포워더의 역할과 라우팅 경로 변경을 수행하는 이동성 지원 앵커의 두 가지 역할을 수행한다. 일반적인 IP 이동성 프로토콜에서는 도메인 내의 고정된 이동성 지원 노드에 의해 이동 단말의 이동성이 관리되지만, 제안하는 방식에서는 플로우마다 개별적인 CFR에 의해 플로우의 이동성이 관리된다. CFR은 이동성 관리 앵커 노드 (MA)에서부터 액세스 라우터 (AR)까지의 플로우 경로 상의 노드 중 단말의 이동에 따라 경로의 변경이 발생하는 지점에 위치한 노드로써, 각 CFR은 AR에서 MA로 전달되는 바인딩 업데이트 메시지를 중간에 가로채서 플로우 상태 정보를 기반으로 직접적인 핸드오버 절차를 수행한다. 뿐만 아니라 CFR은 해당 플로우 정보를 기반으로 플로우가 요구하는 서비스 품질을 보장하기 위해 버퍼링 (Buffering)이나 바이캐스팅 (Bi-casting)을 수행함으로써 플로우 종류에 따른 효율적인 이동성 지원을 가능하게 한다. 이러한 CFR을 도입함으로써 서비스 중인 플로우의 경로에 따라 각각 다른 CFR에 의해 처리가 되기 때문에 MA가 모든 핸드오버 절차를

처리하기 때문에 발생하는 오버헤드 문제를 완화할 수 있고, MA까지 바인딩 업데이트가 전달되기 전에 CFR에서 라우팅 경로를 변경할 수 있기 때문에 빠른 핸드오버가 가능하다.

3.2 제안하는 핸드오버 수행 절차

그림 2의 (a)는 핸드오버 과정 설명을 위한 망 구조도를 나타내고, (b)는 핸드오버 수행 절차를 나타낸다. 그림 2에서 MN은 현재 플로우 1, 플로우 2를 각각 다른 경로를 통해 전달 받고 있다. MN이 이동하여 AR2 영역의 AP로 접속하여 L2 연결 및 인증과정을 수행하면 AR2는 MN의 접속을 인지하여 바인딩 업데이트 메시지인 FRU (Flow Routing Update)를 도메인의 최상위 노드인 MA로 보낸다. FRU에는 MN의 프로파일 정보가 포함되어 있고 이를 수신한 CFR들은 해당 정보와 매칭되는 플로우 리스트가 존재하는지 자신의 플로우의 엔트리 테이블을 확인한다. 플로우 엔트리 테이블은 단말의 프로파일과 서비스 중인 플로우의 상태 정보 (e.g. 5 tuple - Source IP, Destination IP, Source Port, Destination Port, Transport Protocol)를 일정 시간 동안 보관하여 동일한 플로우에 대해 미리 약속된 QoS 정책에 따라 일관성 있게 플로우 라우팅을 수행하도록 한다. 그림 2에서 CFR2는 MN의 프로파일과 관련된 플로우 정보 (Flow 1)가 있음을 확인하고 해당 플로우의 직접 변

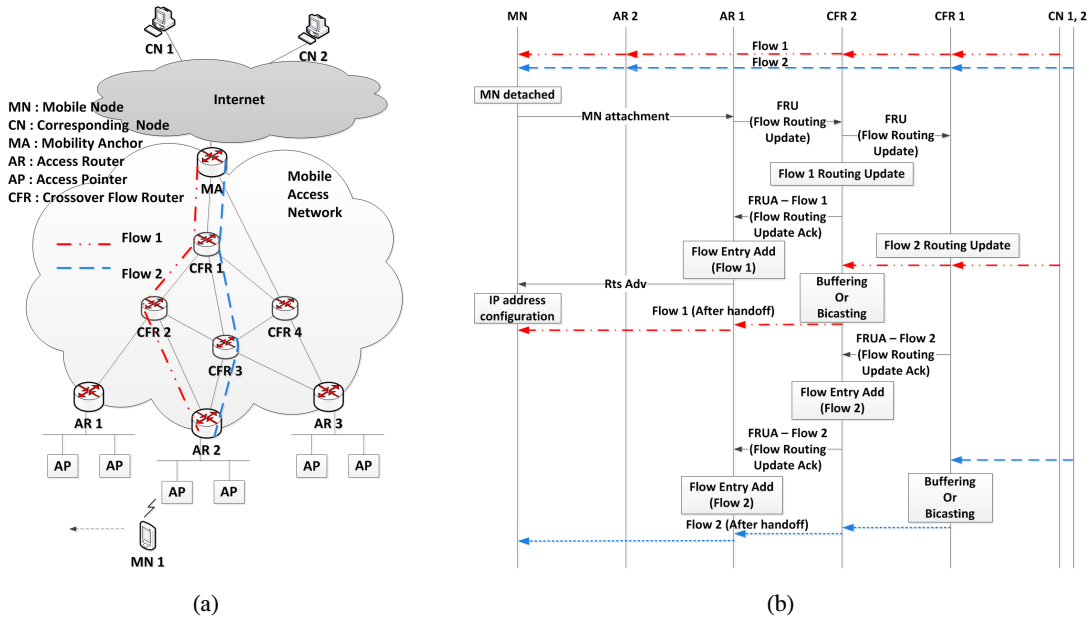


그림 2. (a) 핸드오버 과정 설명을 위한 망 구조 (b) 핸드오버 수행 절차
 Fig. 2. (a) A example network for the explanation of proposed handoff procedure (b) Proposed handoff procedure

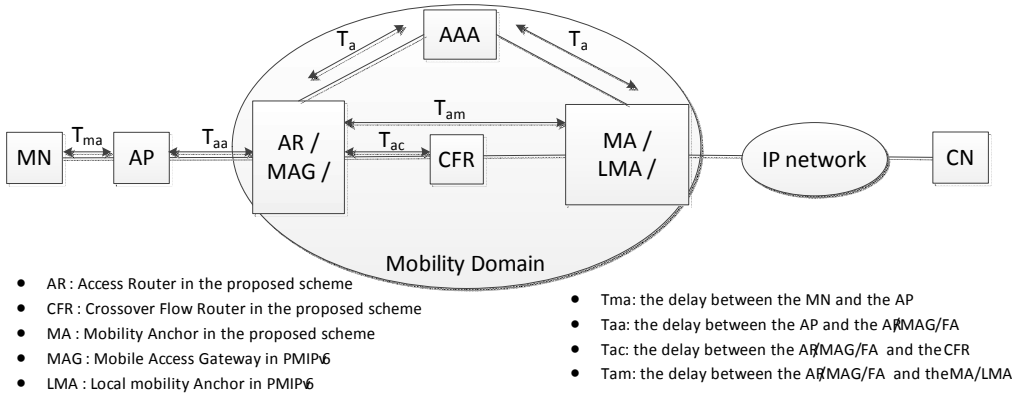


그림 3. 성능 분석을 위한 네트워크 모델
Fig. 3. Network model for the performance evaluation

경한다. 그리고 MA가 전달된 역방향으로 해당 플로우의 엔트리를 생성할 수 있도록 플로우의 상태 정보를 포함하는 FRUA (Flow Routing Update Ack)를 전달한다. CFR2로부터 FRUA를 전달받은 AR1은 플로우 1에 대한 엔트리를 자신의 테이블에 추가하고 해당 플로우 상태 정보에서 MN의 IP 주소의 네트워크 프리픽스를 이용하여 Router Advertisement를 수행하여 MN의 IP 주소가 변경되지 않도록 애몰레이션한다. 이러한 과정은 PMIP의 HNP (Home Network Prefix)를 통한 IP configuration 과 동일하며, AR이 전달받은 플로우 정보로부터 직접 네트워크 프리픽스를 추출한다는 점에서만 다르다. 플로우 1에 대한 라우팅 업데이트를 수행한 CFR 2는 플로우 1의 서비스 종류에 따라 버퍼링이나 바이캐스팅의 옵션을 필요에 따라 선택하여 수행한다. 즉, 손실에 민감한 서비스의 경우에는 FRU를 받고 곧바로 버퍼링을 수행하거나 지연에 민감한 서비스의 경우에는 즉시 해당 패킷을 전송하여 핸드오버 영향을 최소화한다. 한편, CFR2는 자신이 플로우 라우팅 업데이트를 수행하는 동시에 추가적인 플로우의 업데이트를 위해 MA 방향으로 해당 FRU를 전달한다. CFR1은 전달 받은 FRU를 통해 CFR2와 동일한 절차를 수행하여 플로우 2에 대한 라우팅 업데이트 과정을 수행한다. 모든 과정은 플로우 1에 대한 라우팅 업데이트 과정과 동일하며 플로우 2의 서비스 종류에 따라 마찬가지로 버퍼링이나 바이캐스팅과 같은 추가적인 기능을 수행한다.

IV. 성능 분석 및 토의

본 장에서는 제안된 방식과 기존의 IP 이동성 지원 방식인 HMIPv6, PMIPv6에 대하여 성능을 비교 분석

하고 토의한다. 그림 3은 성능 분석을 위한 네트워크 참조 모델을 나타낸다. 먼저, 이동성 프로토콜의 가장 중요한 성능 지표인 핸드오버 지연 시간을 분석하여 각 프로토콜에 대한 성능 평가를 수행하였다. 본 논문에서는 핸드오버 지연시간을 L2 핸드오버가 시작된 시점부터 핸드오버 후 첫 번째 패킷을 수신한 시점까지의 시간으로 가정한다. 성능 분석을 위한 파라미터는 표 1에 나타나 있다.

핸드오버 지연시간은 단말이 새로운 액세스 네트워크를 발견하는 Movement Detection 시간 (T_{MD}), AAA 인증을 수행하는 시간 (T_{AAA}), IP주소를 구성하는 Address Configuration 시간 (T_{AC}), 도메인 내의 이동성 관리 노드에게 MN을 등록하는 시간 (T_{REG}), 새로 접속한 액세스 라우터로부터 MN이 첫번째 패킷을 받는데 걸리는 시간 (T_D)들이 포함된다. 이에 따라 각 방식의 핸드오버 지연 시간은 (1), (2), (3)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 T_{HMIPv6} &= t_{ma} + T_{MD} + T_{AAA} + T_{AC} + T_D \\
 &= t_{ma} + T_{MD} + 4t_a + T_{AC} + 2(t_{am} + t_{aa} + t_{ma})
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 T_{PMIPv6} &= t_{ma} + T_{AAA} + T_{REG_PMIPv6} + T_D \\
 &= t_{ma} + 4t_a + 2t_{am} + t_{aa} + t_{ma}
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 T_{Proposed} &= t_{ma} + T_{AAA} + T_{REG_proposed} + T_D \\
 &= t_{ma} + 4t_a + 2t_{am} + t_{aa} + t_{ma}
 \end{aligned} \tag{3}$$

그림 4의 (a)는 각 방식의 무선 링크 지연 시간에 따른 핸드오버 지연을 나타낸다. 무선 단말의 수가 빠르게 증가하여 무선 트래픽의 양이 유선 트래픽의 양을 초과할 것으로 예상되는 네트워크 상황을 고려해

표 1. 핸드오버 지연 시간 분석을 위한 파라미터
Table 1. Parameters for the analysis of handoff delay

Parameter	Value (ms)	Description
t_{ma}	10	The delay between the MN and the AP
t_{aa}	2	The delay between the AP and the AR/MAG
t_{ac}	10	The delay between the AR/MAG and the CR
t_{am}	20	The delay between the AR/MAG and the MA/LMA
t_{mc}	50	The delay between the MA/LMA and the CN
t_a	2	The delay between the AR/MAG/MA/LMA and the AAA server
T_{MD}	25	The movement detection delay

볼 때 무선 링크의 지연에 따른 핸드오버 지연 시간의 영향은 핸드오버 성능에 매우 큰 영향을 미친다. 따라서 가능한 무선 구간에서의 제어 신호를 제거하는 방안이 요구되며, 성능 분석의 결과 무선 링크 지연 시간이 증가함에 따라 세 가지 방식 모두 핸드오버 지연 시간 역시 증가하였으나, 호스트 기반의 이동성을 지원하는 HMIPv6와는 달리 네트워크 기반의 이동성을 지원하는 제안하는 방식과 PMIPv6에서는 무선 링크 상에서 단말이 직접적인 바인딩 메시지를 보내지 않기 때문에 무선 링크 지연에 의한 핸드오버 지연의 영향이 상대적으로 작게 나타났다.

한편, 바인딩 업데이트 메시지를 주고받는 이동성 지원 노드 사이의 거리에 따른 핸드오버 지연 시간은 무선 단말의 수가 빠르게 증가하여 단말의 핸드오버 횟수가 빈번하게 발생할 수 있는 네트워크 상황을 고려해 볼 때 또 다른 중요한 핸드오버 성능평가의 기준이 될 수 있다. 그림 4의 (b)는 각 방식의 이동성 지원 노드 사이의 거리에 따른 핸드오버 지연을 나타낸다. 성능 평가 결과 AR/MAG와 MA/LMA간의 거리가 증가함에 따라 기존의 HMIPv6와 PMIPv6의 핸드오버 지연 시간은 증가했으나 제안한 방식은 AR과 가장 가까운 위치에 핸드오버를 수행하는 CFR을 플로우 별로 설정하기 때문에 도메인을 담당하는 이동성 지원 노드의 위치에 상관없이 일정한 핸드오버 지연 시간을 나타냄을 알 수 있다.

두 번째 성능 평가로 도메인의 최상위 노드에서의 이동성 제어 메시지 처리에 대한 프로세싱 오버헤드를 CFR을 통해 처리하는 제안하는 방식과 최상위 노드에서만 처리하는 PMIPv6를 비교 분석하였다. 본

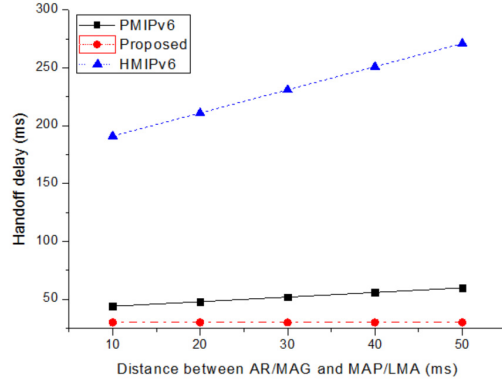
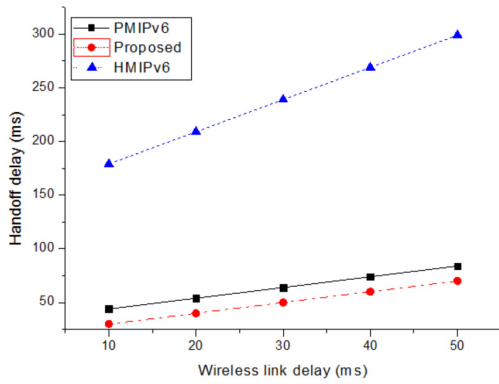
논문에서는 플로우 기반의 방식에서 CFR의 프로세싱 분담 효과를 확인하기 위해 PMIPv6에서도 LMA가 플로우 별로 이동성 처리를 수행하는 것을 가정하였다. 또한 본 논문에서는 최상위 노드인 MA에서의 이동성 제어 메시지를 처리하는 프로세싱 오버헤드는 바인딩 업데이트 메시지만인 FRU의 횟수와 하나의 FRU 메시지를 처리하는 프로세싱 비용에 각각 비례한다고 가정하였다. 따라서 MA의 프로세싱 오버헤드($C_{overhead}$)는 식 (4)와 같이 표현된다.

$$Coverhead = E(Ni) \cdot C_{process} = (\mu/\lambda) \cdot (C_{lookup} + C_{update}) = (\mu/\lambda) \cdot (\alpha N_{total} + \beta N_{active}) \quad (4)$$

식 (4)에서 $E(Ni)$ 는 도메인 내의 세션 당 평균 FRU 횟수를 나타내며, cell crossing rate (μ)와 MN의 session arrival rate (λ)에 의해 $E(Ni) = \mu / \lambda$ 로 정의한다. $C_{process}$ 는 MA에서 하나의 FRU를 처리하는 비용으로 플로우 엔트리 테이블을 look-up하는 비용인 C_{lookup} 과 해당 플로우의 라우팅 경로가 변경되었을 경우 이를 갱신하는 C_{update} 로 구성된다. C_{lookup} 은 MA의 플로우 엔트리 테이블 크기에 비례하고, 이는 전체 플로우 수에 비례하므로 $C_{lookup} = \alpha N_{total}$ 로 정의한다. C_{update} 는 현재 서비스 중인 플로우 수에 비례하므로 $C_{update} = \beta N_{active}$ 로 정의한다. α 와 β 는 각각 테이블 look-up과 라우팅 테이블 갱신을 처리하는 프로세싱의 가중치를 나타내며, N_{total} 과 N_{active} 는 각각 전체 플로우 수와 현재 서비스 중인 플로우 수를 나타낸다.

그림 5의 (a)는 핸드오버 빈도가 증가함에 따라 두 가지 방식에서 MA의 프로세싱 오버헤드의 비교를 나타낸다. 두 방식 모두 핸드오버의 빈도수가 증가할수록 이동성 제어 메시지의 양은 증가하고 이를 처리하는 노드의 프로세싱 오버헤드가 함께 증가하였다. 그러나 제안하는 방식에서는 MA와 CFR 사이의 경로는 변경되지 않는 경우 MA에서의 프로세싱 오버헤드가 발생하지 않으므로 이동성 제어를 위한 프로세싱 오버헤드가 CFR과 MA에 분산되어 프로세싱 오버헤드가 더 느린 증가율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

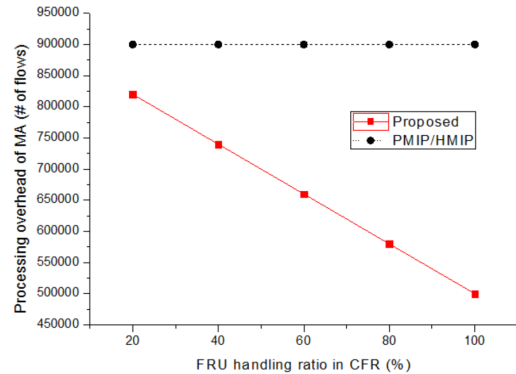
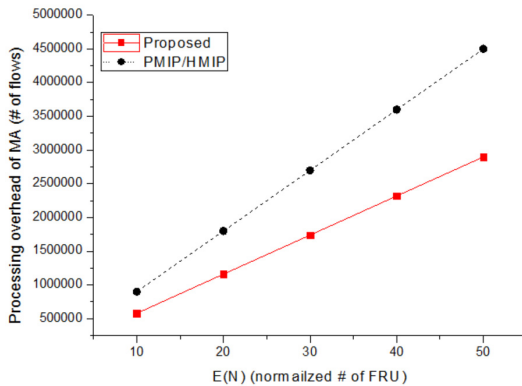
그림 5의 (b)는 전체 이동성 제어 메시지 중 CFR에서 처리하는 제어 메시지의 비율에 따라 두 가지 방식에서 MA에서 증가하는 프로세싱 오버헤드의 비교를 나타낸다. 기존의 PMIPv6 구조에서는 모든 제어 메시지를 LMA가 전담하여 처리하므로 CFR의 프로세싱 오버헤드의 분담 효과가 발생하지 않으나 제안하는 방식에서는 CFR에서 처리하는 이동성 제어 메



(a)

(b)

그림 4. 핸드오버 지연 시간
Fig. 4. Handoff delay



(a)

(b)

그림 5. MA에서의 프로세싱 오버헤드
Fig. 5. Processing overhead of MA

시지가 많아질수록 MA의 오버헤드 프로세싱 오버헤드가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 CFR은 네트워크 도메인의 전반에 널리 분포하고 있는 다수의 노드들이므로 전체 이동성 제어 메시지의 CFR에서 처리하는 비율이 증가하더라도 개별 CFR의 프로세싱 오버헤드에는 큰 영향이 없을 것으로 예상된다.

세싱 오버헤드 문제를 완화하였으며, 성능 분석을 통해 이를 확인하였다. 제안하는 방안을 활용하여 향후 네트워크의 전송 계층에서 요구하는 플로우 단위의 세분화된 QoS가 이동 무선 네트워크에서도 함께 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결론

본 논문에서는 이동 무선 네트워크에서 플로우 단위의 빠르고 확장성이 용이한 플로우 이동성 관리 방법을 제안하였다. 제안된 방식은 크로스오버 플로우 라우터를 통해 플로우 단위의 이동성을 지원함으로써, 기존의 IP 기반 이동성 지원 프로토콜들이 지닌 긴 핸드오버 지연 시간과 최상위 이동성 지원 노드의 프로

References

- [1] R. Wójcik and A. Jajszczyk, "Flow oriented approaches to QoS assurance," *ACM Computing Surveys*, vol. 44, no. 1, article 5, Jan. 2012.
- [2] N.-S. Ko, S.-B. Hong, K.-H. Lee, H.-S. Park, and N. Kim, "Quality-of-Service mechanisms for flow-based routers," *J. ETRI*, vol. 30, no. 2, pp.183-193, 2008.

[3] S. Oueslati and J. Roberts, "A new direction for quality of service: Flow-aware networking," in *Proc. NGI*, Apr. 2005.

[4] Anagram Inc., "Intelligent flow routing for economical delivery of next-generation network services," *Whitepaper*, 2005.

[5] ITU-T, "Requirements for the support of flow-state-aware transport technology in an NGN," *ITU-T Recommendation Y.2121*, 2008.

[6] ITU-T, "Flow aggregate information exchange functions in NGN," *ITU-T Recommendation Y.2122*, 2009.

[7] T. Yim, T. M. Nguyen, G. Hong, and J. Park "A flow-aware signaling detection method for fast and stable handoff in the IP-based mobile networks," in *Proc. KICS Int'l Conf. Commun. 2013*, Yongpyong, Korea, Jan. 2013.

[8] T. Yim, T. M. Nguyen, Y. Kim, G. Hong and J. Park "A Proposal of the flow-based admission control algorithm for the service continuity in IP-based mobile networks," in *Proc. KICS Int'l Conf. Commun. 2011*, Jeju, Korea, Jun. 2011.

[9] T. Yim, T. M. Nguyen, Y. Kim, G. Hong, Y. Li and J. Park "A multi-level hierarchical mobility management scheme for service continuity per flow in IP-based mobile networks," in *Proc. KICS Int'l Conf. Commun. 2011*, Seoul, Korea, Nov. 2011.

[10] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6," *IETF RFC 3775*, 2004.

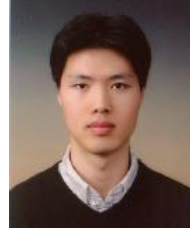
[11] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, and L. Bellier, "Hierarchical mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)," *IETF RFC4140*, 2005.

[12] S. Gundavelli, Ed et al., "Proxy Mobile IPv6," *IETF RFC5213*, 2008.

[13] C. Jennifer, "An analysis of flow-based routing," Master of science thesis, Rochester Institute of Technology, 2011.

[14] A. De la Oliva, C. J. Bernardos, M. Calderon, T. Melia, and J. C. Zuniga, "IP flow mobility: smart traffic offload for future wireless networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, Issue 10, pp. 124-132, Oct. 2011.

임 태 형 (Taihyong Yim)



2005년 8월 : 고려대학교 전기 전자전파공학부 공학학사
 2008년 8월 : 고려대학교 전기 전기 공학과 석사
 2008년 9월~현재 : 고려대학교 전자 전기공학과 박사과정

<관심분야> IP Mobility, QoS, Flow Routing, Software-Defined Networking

경 연 응 (Yunwoong Kyung)



2011년 2월 : 고려대학교 전기 전자전파공학부 공학학사
 2011년 3월~현재 : 고려대학교 전기 전자전파공학과 석박사통합과정

<관심분야> Flow Routing, Software-Defined Networking

Tri Minh Nguyen



2000년 6월 : Vietnam national University, Hanoi Computer Engineering
 2007년 6월 : Vietnam national University, Hanoi Master of Science in Networking
 2008년 9월~현재 : 고려대학교 전자 전기공학과 박사과정

<관심분야> Mobility management, resource management in 4G networks

홍 기 원 (Kiwon Hong)

정회원



2011년 2월 : 고려대학교 전기
전자전파공학부 공학학사
2011년 3월~현재 : 고려대학교 전
기전자전파공학과 석박사통
합과정
<관심분야> 광네트워크, Wavelength
Division Network

박 진 우 (Jinwoo Park)



1979년 2월 : 고려대학교 전자
공학과 공학학사
1987년 11월 : 버지니아 공대
공학박사
1988년 3월~1989년 2월 : 명지
대학교 전자공학과 교수
1989년 3월~현재 : 고려대학교
전자공학과 교수

<관심분야> 전자공학, 통신공학, 광통신공학, Software-
Defined Networking