

# 컨트롤러 내부의 오버헤드 감소를 위한 SDN 기반의 PMIPv6

김영경, 염상길, 추현승  
성균관대학교 소프트웨어대학  
e-mail: {kimyk, sanggil12, choo}@skku.edu

## SDN based PMIPv6 for overhead reduction inside Controller

Youngkyoung Kim, Sanggil Yeom, Hyunseung Choo  
College of Software, SungKyunkwan University

### 요 약

현재 핸드폰 등 모바일 기계들의 사용의 증가에 따라 모바일 소비자는 매년 증가하고 있다. 현재뿐만 아니라 미래까지 계속 증가 할 것으로 예상된다. 그래서 사용자의 지속적인 서비스 사용을 위해 사용 서비스를 고려한 단말 이동성대한 여러 가지 연구가 꾸준히 증가하고 있다. 이동성 지원을 위해 MIP, FMIP, PMIPv6등과 같은 여러 가지 솔루션들이 제안이 되었다. 이러한 연구들을 발전을 하는 형태의 연구들도 진행하고 있는 중이다. 하지만 이러한 솔루션들은 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 본 논문은 여러 가지 문제점 중에 Controller 내부에서는 여러 가지 원인으로 오버헤드에 대해 초점을 두고 있다. 본 논문에서는 이러한 오버헤드를 줄이기 위해 Controller에 불필요한 flow들을 구별을 하는 기능을 하는 Controller application을 가진 기존과 다른 형태의 SDN 기반의 PMIPv6 구성을 제안한다.

### 1. 서론

2013년 이후로 최근 스마트폰의 급속한 발전에 따라 모바일 소비자는 매년 증가하고 있다. 앞으로 모바일 사용량이 더욱 증가 할 것으로 예상된다. 각각의 모바일 장치는 모바일 노드 (MN)라고 불린다. 네트워크를 이동시 (핸드 오버 수행)연결 지점이 변경되어 연결이 끊어 질 수 있는 문제점이 발생한다. 사용자의 지속적인 서비스 사용을 위해 사용 서비스를 고려한 단말 이동성 지원이 필요하다. IETF는 MN 이동성에 대해 IPv4와 IPv6을 모두 지원하는 MIP(Mobile IP)로 이 문제를 해결한다. Fast Mobile IPv6 (FMIPv6), Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6), Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)[1]와 같은 IP 이동성 관리를 개선하기 위한 여러 가지 솔루션들을 제안한다.

이동성 지원을 위해 제안된 대표적인 PMIPv6(Proxy Mobility IPv6)이 있다. PMIPv6는 MN (Mobile Node)을 대신하여, MAG (Mobile Access Gateway)는 이동성 관리 및 관련 제어 시그널링을 수행한다. 하지만 기존의 PMIPv6은 핸드 오버 지연 시간이 길어 멀티미디어 스트리밍과 같은 끊김 없는 실시간 서비스에 적용하기에는 어려움이 있다. 그리고 심각한 패킷 손실을 유발하는 문제점이 발생한다. 그래서 외부 네트워크의 OpenFlow 컨트롤러에서 액세스 게이트웨이의 제어를 중앙 집중화하는 OpenFlow 기반 Proxy Mobility IPv6 (OF-PMIPv6)[2]을 제안한다. 제어 및 데이터 평면 분리하며 이동성 관리 어

플리케이션을 통해 중앙 집중식 이동성 관리를 사용 하고 효율적인 이동성 관리를 통해 핸드 오버 지연 및 패킷 손실 감소하는 장점이 있다. 이러한 장점 이용하여 제안기법을 발전시키는 여러 가지 연구들이 있다.

이러한 연구들은 중앙 집중식 이동성 관리이기 때문에 Controller에서 핸드 오버가 증가하는 문제점이 발생한다. 핸드 오버 줄이기 위해 Controller에 들어오는 시그널이 필요성 따라 구별을 한다. 이러한 구별은 flow 타입의 특징에 따라 나뉘지며 OF-PMIPv6 의 Controller 내부에 Selection Flow 모듈을 추가하여 구조를 가진 새로운 Mobility Management를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 기법인 PMIPv6 과 문제점을 해결하기 위해 제안된 OF-PMIPv6 대해 기본적인 내용을 설명하고 3장에서는 flow를 고려한 제안 기법을 설명한다. 마지막으로 4장으로 결론을 짓고 향후 연구에 대해서 서술한다.

### 2. 관련연구

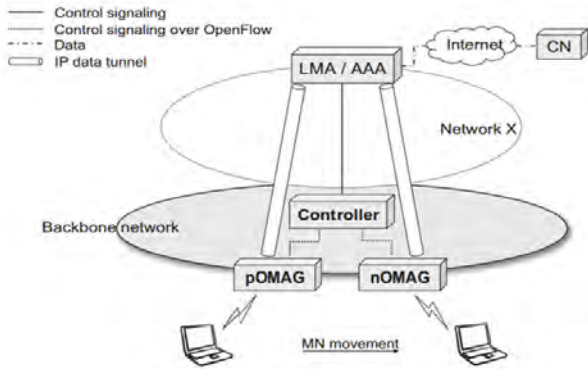
본 논문에서는 SDN 기반의 OF-PMIPv6의 구성과 흐름 기반인 제안하는 아이디어를 제안하고 있다. 첫 번째로 PMIPv6기반에 대해 설명을 하고 두 번째로 OF-PMIPv6의 구성, 프로토콜의 흐름 그리고 성능평가 대한 내용을 설명을 하고, 마지막으로 PMIPv6 및 SDN-PMIPv6을 이

어서 향후 미래 이동성 프로토콜에 대해 소개를 한다.

### 2.1 PMIPv6

PMIPv6[1]은 네트워크 기반 이동성 프로토콜로 단말이 네트워크를 이동시 끊김 없는 이동할 수 있도록 동일한 prefix 할당하여 제공한다. PMIPv6 도메인은 LMA와 MAG로 구성되어 있다. LMA는 도메인 내에서 단말과 MAG와의 연결정보와 단말에 할당된 prefix 정보를 Binding Cache Entry에 저장하여 단말의 상태를 관리한다. MAG는 단말과 연결하는 첫 번째 스위치이며 단말 대신 LMA와 터널링을 수행하고 단말의 위치를 전달한다. PMIPv6이 적용된 네트워크 환경에서 단말이 핸드오버 수행 시 LMA가 단말의 핸드오버를 인지하여 세션이 유지되는 장점이 있다. 하지만 해당 환경은 packet loss나 packet delivery cost 부분은 고려하지 않는다.

### 2.2 SDN 기반의 OF-PMIPv6



(그림1) OF-PMIPv6 구성요소

기존의 PMIPv6은 핸드 오버 지연 시간이 길어 멀티미디어 스트리밍과 같은 끊김 없는 실시간 서비스에서 받아들일 수 없는 심각한 패킷 손실을 유발한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 외부 네트워크의 OpenFlow 컨트롤러에서 액세스 게이트웨이의 제어를 중앙 집중화하는 OpenFlow 기반 PMIPv6[2]을 제안한다.

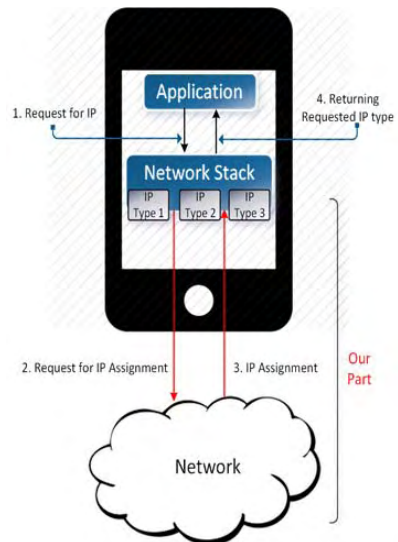
제안 된 OF-PMIPv6은 Controller에서 이동성 제어를 수행함으로써 제어 경로를 데이터 경로로부터 분리하는 반면, 데이터 경로는 IP 게이트웨이 형태의 이동 액세스 게이트웨이와 로컬 이동성 앵커 간에 직접 유지한다. 간단한 OpenFlow 지원 액세스 게이트웨이 그룹은 링크 계층 제어 및 모니터링 활동을 수행하여 모바일 노드의 포괄적인 이동성을 지원하고 표준 OpenFlow 프로토콜을 통해 컨트롤러와 통신한다. Controller는 모바일 액세스 게이트웨이를 대신하여 네트워크 계층 이동성 제어를 수행하고 PMIPv6 도메인의 로컬 이동성 앵커와 통신한다. 중앙 집중식 보기 및 정보의 이점을 활용하여 Controller는 인증 및 구성 정보를 캐시하고 이를 사용하여 핸드 오버 대기 시간을 크게 감소한다.

제안 된 OF-PMIPv6 반응 및 프로 액티브 핸드 오버 기법에 대한 분석적 분석은 고도로 활용 된 네트워크에 대해 각각 핸드 오버 대기 시간이 43 % 및 121 % 감소함을 보여준다. OF-PMIPv6 테스트 베드에서 수집 한 결과는 비슷한 성능 향상을 의미합니다. 제어기는 인증 및 구성 정보를 캐시하고 그것을 재사용하여 핸드 오버 대기 시간을 상당히 감소하는 것을 볼 수 있다.

### 2.3 미래의 이동성프로토콜

PMIPv6 및 SDN-PMIPv6은 현재 MN에 있는 흐름의 속성에 관계없이 MN의 이동성이 관리되는 이동성 솔루션이다. 최근의 제안은 한 단계 더 나아가 MN에서 각 흐름의 이동성을 관리한다. 5G의 이동성은 다른 네트워크 조각에 다른 흐름이 할당되기 때문에 흐름을 기반으로 한다. 따라서 향후 이동성 솔루션은 모두 흐름 기반 서로 다른 흐름의 이동성은 MN에서 서로 다른 속성 및 요구 사항을 기반으로 관리한다. [4-7]

### 3. 제안 아이디어



(그림2) 특정 IP 주소를 구성 단계

MN에서 특정 IP 주소를 구성하는 단계는 다음과 같다.

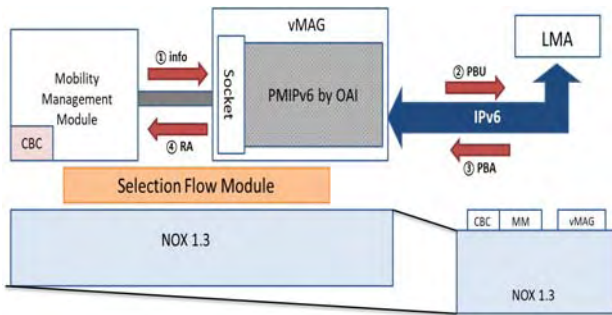
- 1 단계 : 응용 프로그램이 네트워크 스택에 요구 사항에 따라 IP 주소를 제공하도록 요청 한다.
- 2 단계 : IP 주소가 아직 구성되지 않은 경우, MN은 IP 주소를 할당하도록 네트워크에 요청한다.
- 3 단계 : 네트워크는 원하는 유형의 IP 주소를 제공하고 MN은 이를 구성한다.
- 4 단계 : 네트워크 스택 요청 된 IP 주소를 반환한다.

1단계관한 많은 연구들은 많이 진행하고 있다. 그래서 본 논문은 2 단계와 3 단계에 초점을 맞추고 있다.

본 논문에서 제안하는 아이디어는 앞에 설명한 SDN 기반의 OF-PMIPv6의 전반적인 프로토콜을 따르고 있으며 flow를 구별하는 기능을 추가를 한다.

3.1장에서는 OF-PMIPv6에서 Controller 내부의 구성인 Mobility Management 모듈, PMIPv6 모듈 그리고 Selection Flow 모듈 에 대해 각각 설명한다.

### 3.1 구성요소



(그림3) 제안 아이디어 구성도

본 논문은 위 그림3과 같이 기존 SDN 기반의 OF-PMIPv6 구성을 따른다. 그림3에는 NOX1.3 기반의 Controller위에 Mobility Management 모듈, PMIPv6 모듈 그리고 Selection Flow 모듈로 구성한다. 3.1.1부터 3.1.3 까지 각각의 모듈의 특징에 대해서 설명을 서술한다.

#### 3.1.1 Mobility Management 모듈

Mobility Management 모듈은 OMAG 및 모바일 노드 정보를 저장하고, 핸드 오버 동안 모바일 노드 상태를 유지하기 위해 사용한다. Mobility Management 의 워크 플로는 packet\_in 수신 방법, packet\_in에서 RS 패킷임을 알 수 있는 방법 그리고 RS 패킷을 받을시 해야 할 일 크게 세부분으로 나눌 수 있다.

#### 3.1.2 PMIPv6 모듈

PMIPv6 모듈의 역할인 vOMAG(virtual OMAG)은 Mobility Management 모듈에서 제공하는 정보에서 PMIPv6 제어 메시지를 생성하여 앵커에게 전송한다. 앵커에서 수신 한 응답을 기반으로 Mobility Management 모듈에 정보를 제공하며 PMIPv6 모듈은 별도의 프로세스로 실행되며 IPC를 통해 Mobility Management 모듈과 통신한다.

#### 3.1.3 Selection Flow 모듈

마지막으로 본 논문에서 제안하는 Selection Flow 모듈의 존재는 OF-PMIPv6과의 차이점이다.

이동성 관리 솔루션에는 IP 세션 유지 와 IP 주소 도달성인 두 가지 IP에 관한 속성들이 있다. 첫 번째로 IP 세션 유지(IP session continuity)는 이 기능은 모바일 호스트가 IP 네트워크 토폴로지 내에서 접속 지점을 변경 함에도 불구하고 진행 중인 IP 세션을 유지한다. 이동 호스트가 중단 없이 진행 중인 플로우를 유지 관리하는 데 필수적인 특징을 가진다. 두 번째 IP 주소 도달성의 이 기능

은 오랜 시간 동안 동일한 IP 주소를 유지하고 다른 클라이언트 혹은 MN이 특정 MN에 도달하는 것이 필수적인 특징을 가지고 있다. 이러한 속성들을 가지고 Flow 타입을 비교할 수 있다.

(표 1) flow 타입 따른 특징

Type of Flow	Application type at the MN	Mobility Requirement
Non-real time	Browsers, messaging apps, etc.	None
Real time	Voice/video calls, streaming, online gaming, etc.	IP session continuity with low delay and packet loss
Essential flows	Server applications	IP reachability

다른 레벨의 이동성 관리는 다른 IP 주소를 이동 노드에 할당하여 제공한다. 고정 IP 주소는 IP 세션 연속성과 IP 주소 도달성이 모두 필요한 응용 프로그램에서 필요하다.

IP 주소 유형은 같이 이동성 또는 도달 가능성이 필요한 흐름에 따라 분류되어 진다. 고정 IP 주소(Fixed IP Address)는 IP 세션 연속성과 IP 주소 도달성이 모두 필요한 응용 프로그램에서 필요하다. 세션 지속 IP 주소(Session-lasting IP Address)는 모바일 호스트가 하나의 AP (point-of-attachment) 지점에서 다른 지점 (IP 접두어가 다른 지점)으로 이동 한 후에도 유효하다는 것이 보장하지만 이 유형의 IP 주소는 IP 주소 도달 가능성을 제공하지 않는다. 비 영구 IP 주소(Non-persistent IP Address)는 IP 주소는 검색 IP 게이트웨이에서 가져온 IP 접두어로 만들어지며 게이트웨이 변경 사항을 통해 유지 관리되지 않고 이 유형의 IP 주소는 IP 세션 연속성이나 IP 주소 도달 가능성을 제공하지 않다.[8]

Selection Flow 모듈의 동작과정은 OMAG에서 들어오는 시그널들을 SDN-OFPMIPv6과 다르게 먼저 Selection Flow 모듈에서 이런 IP주소의 특징을 이용하여 flow를 구별하여 Mobility 모듈에게 전송하는 방식을 따른다.

하지만 제안하는 아이디어에서 고려해야 할 두 가지 경우가 있다. 첫 번째 경우는 특정 유형의 IP 주소에 대한 응용 프로그램 요청이 처음 있을 경우이다. 요청 된 유형의 IP 주소가 이미 구성된 경우 응용 프로그램에 제공할 한다. 그렇지 않으면, 어떤 메커니즘을 사용하여 네트워크에 네트워크의 일부 엔티티는 요청 된 IP 주소 유형을 할당한다. 두 번째 경우는 이동 노드가 핸드 오버를 수행하는 경우이다. 고정 및 세션 지속 IP 주소가 이미 할당되어 있음을 네트워크에 알려주기 위해 세션 연속성 및 IP 도달 가능성을 위해 IP 주소를 유지할 수 있는 메커니즘이 필요하다.

### 3. 결론 및 향후연구

앞에서 언급한 제안하는 아이디어 부분에서 고려할 두 가지 경우들의 목표는 제어 신호 오버 헤드와 지연을 줄이는 것이며 성능 평가 기준으로 사용할 예정이다.

향후 연구에서는 본 논문의 제안하는 아이디어에서

Controller 모듈간의 프로토콜 구체화 할 것이고 SDN기반의 OF-PMIPv6 기반의 환경을 구성하여 동작과정을 확인하고 성능 평가를 할 예정이다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 기초연구사업(NRF-2010-0020210)과 Grand ICT 연구센터지원사업 (IITP-2017-2015-0-00742), 정보통신 기술 진흥센터(B0190-16-2013, 유무선 통합 네트워크에서 접속 방식에 독립적인 차세대 네트워킹 기술 개발)의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고문헌

- [1] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC5213, 2008
- [2]Kuljaree Tantayakul, Riadh Dhaou and, Beatrice Paillassa, "Impact of SDN on Mobility Management", Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2016
- [3] Syed M. Raza, Dongsoo S. Kim, DongRyeol Shin, and Hyunseung Choo, "Leveraging Proxy Mobile IPv6 with SDN," JOURNAL OF COMMUNICATIONS AND NETWORKS, 2016
- [4] C.J. Bernardos, "Proxy Mobile IPv6 Extensions to Support Flow Mobility," Internet-Draft, IETF, 2016
- [5] T.T. Nguyen, C. Bonnet, and J. Harri, "SDN-Based Distributed Mobility Management for 5G Networks," IEEE Wireless Communications and Networking Conference WCNC, 2016
- [6] Younjung Yang, Seil Jeon, Daecheon Kim, and Hyunseung Choo, "Design and Implementation of SDN-Based Lightweight IPv6 Mobility Manager in ONOS," Proceedings of the 11th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, 2017
- [7] A. Bradai, A. Benslimane, K.D. Singh, "Dynamic anchor points selection for mobility management in Software Defined Networks," Journal of Network and Computer Applications, 2015
- [8]<https://trac.tools.ietf.org/id/draft-ietf-dmm-ondemand-mobility-08.html>