

# SDN 환경에서의 IP 이동성 지원구조 연구

장성만, 홍충선

경희대학교 컴퓨터공학과

{smjang, cshong}@khu.ac.kr

## 요 약

이동단말의 발달과 사용자 콘텐츠 생산 플랫폼의 발달은 실시간 스트리밍 서비스의 폭발적인 수요를 불러왔다. 하지만 널리 사용되는 IP(Internet Protocol)는 이동단말에 대한 지원이 부족하여, 단말의 이동 시 스트리밍 서비스의 세션단절을 초래하고 사용자 경험의 저하를 유발한다. 비록 이동성 지원을 위하여 Mobile IP 가 등장하였으나 추가적인 장비 도입과 관리의 어려움으로 인하여 기술 도입이 원활히 이루어지지 않았다. 이 논문은 SDN 과 연관기술의 발전으로 SDN 을 지원하는 장비/소프트웨어가 점차 늘어나고 있는 상황에서 SDN 을 사용한 이동성 지원 방안을 제안함으로써, 추가적인 장비 없이 이동성을 지원하여 사용자 경험의 향상과 효율적인 기술 적용을 추구하였다.

## 1. 서 론

스마트폰으로 대표되는 이동단말의 발전은 최근 4 년 동안 눈에 띄게 발전하였으며, 특히 국내 스마트폰 가입자 수는 2009 년 이후 50 배에 이르는 놀라운 증가세를 보였다. 이동단말의 전면적인 보급과 망 기술의 발전으로 인하여 다양한 인터넷 서비스들이 등장하였고, 그중에서도 동영상, 특히 IPTV, 영상통화, 개인방송으로 표현되는 실시간 동영상 스트리밍 서비스에 대한 수요가 폭발적으로 증가하게 되었다.

현재 인터넷은 Internet Protocol(IP)을 기반으로 동작되며, IP 의 주소는 단말의 위치에 종속적이다. 즉, 단말이 이동하면 기존 IP 는 무효화 되며, 이는 통신 세션의 단절과, 더 나아가 실시간 서비스의 중단을 의미한다. 이와 같은 문제를 방지하기 위하여 IETF 에서는 Mobile IP 를 규정하였으며, 이를 통해 끊김없는(seamless) 통신을 목표로 한다. 단, Mobile IP 를 구현하기 위해서는 Home Agent(HA)와 같은 추가적인 장치가 필요하고 노드 간 터널링이 요구되는 등, 추가적인 부담사항이 존재하여 그 동안 사업자의 적극적인 도입을 유도하지 못하였다.<sup>1</sup>

또한 Mobile IP 에서의 HA 는 트래픽의 쏠림 현상을 유발하기 때문에 고성능의 장비를 요구할 뿐 아니라 단일 장애 점(Single point of failure)으로써 동작하여 망 자체의 신뢰성을 떨어뜨린다. 이러한 문제를 해소하기 위하여 최근 IETF DMM(Distributed Mobility Management) WG 에서는 각각의 라우터에서 HA 의 역할을 수행할 수 있는 시나리오를 제안하였다. 또한 단말의 개입을 배제하고 네트워크 인프라

가 단말의 이동성을 관리하는 Proxy Mobile IP 가 결합되어 기존 단말과의 호환성을 유지하고, 효과적인 제어와 성능개선을 유도하였다.

최근 각광받는 기술인 SDN 은 제어 평면과 데이터 평면을 분리하고 제어평면을 담당하는 컨트롤러가 패킷 전달에 특화된 데이터 평면의 스위치를 원격으로 제어함으로써, 더욱 효율이 높고 관리가 용이한 네트워크를 구축할 수 있도록 한다. SDN 을 실현하기 위한 제어 평면과 데이터 평면간의 프로토콜로써 OpenFlow 가 제안되었으며, 다양한 상용 제품들이 이를 지원하는 추세이다. 따라서 본 논문에서는 컨트롤러의 지능을 활용함으로써 더욱 효과적인 DMM 시나리오를 제안한다.

## 2. Software-Defined Network(SDN)

SDN 은 소프트웨어화된 네트워크 구성을 목표로 한다. 즉, 네트워크 구성요소를 Control Plane 과 Data Plane 의 두 개의 Plane 으로 구분하여, Control Plane 에서는 네트워크의 지능을 관장하고 Data Plane 에서는 데이터의 전달(forwarding)을 담당한다. 특히 Global View 를 가지는 SDN 컨트롤러에서 최적의 경로를 계산하여 이를 각 스위치에 전달함으로써 최적의 서비스 제공과 효율적인 자원활용, 단순한 관리체계를 실현한다. Control Plane 과 Data Plane 간의 추상화된 인터페이스(API)으로 OpenFlow 가 있으며, OpenFlow Message 를 사용하여 Switch 는 Controller 에게 스위칭 정보를 제공하고, 이 정보를 기반으로 Controller 는 Switch 에게 최적화된 Path 정보를 제공하는 등의 지능화된 작업을 수행할 수 있다.

## 3. SDN 기반 이동성 지원구조

<sup>1</sup>본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014(H0301-14-1020)). Dr. CS Hong is corresponding author

본 논문에서는 OpenFlow 를 지원하는 스위치만으로, 단말이 직접 개입되지 않는 네트워크 기반 이동성을 지원하는 방안을 제안한다. 또한 기존 Mobile IP 에서의 Binding Update 를 포함한 이동성 메시지를 최소화하고 이동성 지원을 위한 장치를 OpenFlow 컨트롤러 내에 Application 의 형태로 구현함으로써 비용 절감 및 성능개선도 이루어낼 수 있다. OpenFlow 컨트롤러를 성능과 안정성을 위해 클라우드 환경 상에 구축하는 경우에는 확장성과 안정성이 추가되어 장점이 배가될 수 있다.

OpenFlow 스위치가 패킷을 수신하면 자신이 가진 Flow Table 에서 패킷 특성과 일치하는 Matching Field 엔트리를 검색한다. 만일 해당 Matching Field 를 확인할 수 없는 경우 OpenFlow 컨트롤러에게 해당 패킷에 대한 처리방법을 질의하고, 컨트롤러는 이에 대한 응답으로 새로운 Flow Table 엔트리를 제공함으로써 스위치에게 해당 패킷에 대한 처리방안을 제공한다.

컨트롤러에는 단말이동을 처리하는 Application 을 배치할 수 있다. 이를 통하여 단말이 기존 네트워크에서 다른 네트워크로 이동했는지 파악할 수 있다. 예를 들어 단말이 네트워크에 접속하는 경우, 링크계층 접속이 수립된 후 통신을 재개하거나, 통신을 수립할 라우터를 탐색하거나, 해당 네트워크에서 사용할 IP 주소를 획득하기 위하여 IP 패킷이 생성되고 발신된다. 그리고 새로운 스위치에서는 이러한 패킷들을 처리할 Flow Table 엔트리가 존재하지 않으므로 패킷들은 SDN 컨트롤러에 보내지게 되고 이 과정에서 이동여부를 파악할 수 있는것이다.

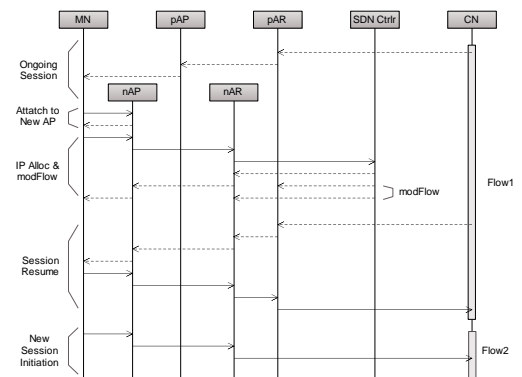
또한 컨트롤러 내에는 주소할당을 위한 Application 이 추가될 수 있다. DHCP 과 같은 모듈 뿐 아니라 IPv6 의 Stateless Autoconfiguration 을 지원하기 위한 모듈이 추가되어 더욱 효과적인 CoA(Care of Address) 배정을 가능하게 한다. 컨트롤러가 주소할당을 관장하게되는 경우, 이에 대한 정보를 활용하여 이동성 처리를 위한 Flow Table 엔트리를 생성할 수 있다는 장점이 있다. 즉, CoA 를 할당받고 HA 에게 Binding Update 메시지를 보내고 이의 응답으로 Binding Acknolgement 메시지를 받음으로써 이동성 처리를 하는 기존 Mobile IP 의 순차적 패킷처리 대신, 네트워크 접속과 동시에 이전 네트워크와 현재 네트워크에 위치한 스위치에 병렬적으로 Flow Table 엔트리를 추가시키는 과정으로 메시지의 절감이 유도된다. 특히 OpenFlow 스위치와 컨트롤러간의 링크가 빠른 응답속도를 요구하는만큼, 더욱 즉각적인 이동성 처리를 기대할 수 있다.

HA 와의 터널링 또한 OpenFlow 가 정의하는 기능만으로 처리될 수 있다. OpenFlow 1.3 이후로 Tunnel-ID 를 사용한 명시적 터널링이 지원되며, 또한 동일한 도메인 내에서 이동이 발생할 경우에는 MPLS 태깅을 사용하거나 VLAN 을 활용함으로써 더욱 효율적인 패킷전달이 가능하다. 더욱이, 라우

팅 과정에서 Ingress Filtering 을 사용하지 않는, SDN 네트워크 도메인 내에서 이루어지는 단말간의 통신의 경우에는 Flow Table 엔트리의 수정만으로 단말의 이동에 대처할 수 있다.

단, 현재 최신버전의 OpenFlow 1.4 기준으로, 패킷 헤더를 변경하는 것은 고정된 필드에만 적용이 가능하고, Mobile IP 프로토콜 지원을 위하여 Option/Extension 헤더를 추가하거나 처리하는 작업은 지원하지 않는다. 따라서 이를 지원하기 위해 SDN 컨트롤러 상에 또다른 Application 을 추가하거나, 해당 패킷을 처리할 수 있는 특정 인터페이스에 포워딩하는 방법으로 Destination Option 과 같은 Mobile IP 를 위한 IP 헤더를 수정방안이 필요하다.

언급한 제안을 도입하는 경우 OpenFlow 메시지와 스위치에 기반한 분산된 형태의 IP 이동성 처리가 가능하며, 그에 따른 이동성 지원 메시지와 IP Flow 의 변화는 다음과 같다.



[그림 1] 이동성 지원 메시지와 IP Flow 의 변화

### 3. 결론

본 논문에서는 추가적인 장비 도입을 필요로 하지 않는, 소프트웨어 중심의 분산 IP 이동성 지원 구조를 제안하였다. SDN 의 보급이 활성화 되는 시점에서 본 연구는 기존 Mobile IP 연구와 결합되어, 기술의 발전은 물론 사용자 경험의 향상을 이끌어 낼 수 있다. 제안의 실제적인 구현과 성능분석을 위하여 테스트베드 구축이 진행 중이며, 스위치(+무선 AP)를 구성하기 위하여 Open vSwitch 와 hostapd 를 도입하였고, 컨트롤러는 OpenIRIS 와 이동성 지원을 위한 Application 을 구현하여 구성하였다.

### 4. 참고 문헌

- [1] S. Gundavelli, Ed. et al. "Proxy Mobile IPv6", IETF RFC5213, Aug. 2008.
- [2] CJ. Bernardos et al. "A PMIPv6-based solution for Distributed Mobility Management" IETF draft-bernardos-dmm-pmip-03, Jan. 2014
- [3] Ben pfaff et al. "OpenFlow Switch Specification Version 1.3.1" Open Networking Foundation, Sep. 2012