

SDN을 이용한 분산 에이전트기반

IP 이동성 지원 프레임워크 연구

장성만⁰, 홍충선*
경희대학교 컴퓨터공학과
{smjang, cshong}@khu.ac.kr

Distributed Agent Based IP Mobility Framework with SDN

Sungman Jang⁰, Choong Seon Hong*
Department of Computer Engineering, Kyung Hee University

요 약

스마트폰을 비롯한 이동단말의 폭발적인 보급은 IP 이동성 연구에 대한 중요성을 부각시켜왔다. 특히 실시간 스트리밍 서비스가 보편화되는 현 상황에서, 끊김 없는 IP 서비스는 통신 서비스의 품질을 좌우하는 중요한 요소로서 작용한다. 하지만 이를 위한 대표적인 연구인 Mobile IP는 사용자 단말수정과 Home Agent 장비 추가가 필요하고 트래픽 집중현상으로 인한 성능적 문제를 야기한다. 근래에는 언급된 문제점을 극복하기 위하여 분산 이동성 기법이 연구되고 있으며, 이는 Control/Data Plane을 분리하고자 하는 SDN개념과 유사한 접근방식을 추구한다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 SDN을 이용한 분산 이동성 지원 프레임워크를 제안하고 성능평가를 통하여 제안의 실효성을 검증한다.

1. 서 론

컴퓨팅 기술이 더욱 발전함에 따라 이동 단말이 더욱 작아지고 저렴해지면서, 국민의 70%이상이 스마트폰을 사용하는 이동단말의 시대가 도래하였다. 또한 WiFi와 4G망의 전국적인 보급은, 이동단말을 사용하여 TV와 같은 실시간 스트리밍 서비스를 소비하는 문화를 형성하였다. 스트리밍 서비스에서의 끊김은 사용자의 체감성능을 떨어뜨리는 요인이므로, 서비스 끊김 방지를 위한 연구가 필요하다.

인터넷의 기반이 되는 IP 프로토콜은 단말이 이동하는 경우 상대와의 세션이 단절되는 구조로 이루어져있다. 이를 보완하기 위하여 Mobile IP[1]연구가 제안되었으나, 이동단말의 수정이 필요하고, Home Agent를 비롯한 이동성 지원장비를 도입해야 하며, 트래픽이 특정 HA에 집중되는 경우 성능의 하락 및 통신 두절을 야기하기 때문에 사업자의 도입이 원활하지 않았다.

단말의 수와 트래픽의 양이 폭증하는 흐름에 따라, 최근 무선망 표준에서는 중앙 서버에서 각 라우터로 부하를 분산하고자 하는 Traffic Offload기법이 제안되고 있으며, Mobile IP연구에서도 Distributed Mobility Management Working Group(DMM WG)을 대표로 하는 분산 이동성 지원 연구[2]가 진행 중이다.

이와 동시에 패킷 라우팅에서의 Control Plane과 Data Plane을 분리하고자 하는 SDN의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이는 중앙에서 모든 연산을 관장하는 SDN Controller가, 분산되어 단순히 패킷을 포워딩하는 SDN

Switch를 관리하는 구조를 도입함으로써 효과적인 라우팅을 목표로 한다.

이와 같은 분산 처리에 대한 시대적인 흐름에 맞춰, 본 논문에서는 SDN을 이용한 분산 IP 이동성 지원방안을 제안한다. 본 논문은 2장에서 관련연구를 서술하고 3장에서 제안한 프레임워크를 설명한다. 마지막으로 4장에서는 프레임워크 도입에 따른 성능향상을 분석하고 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 관련연구

1. Mobile IP / DMM

인터넷에 연결된 모든 장치는 현재 위치(도메인)에 종속적인 Internet Protocol(IP) 주소를 부여 받고, 이 주소 정보를 기반으로 양단간의 통신을 수립한다. 단, IP 설계에는 단말이동성이 고려되지 않았기에, 통신 도중 참여자의 IP 주소가 변경되는 경우 해당 통신 세션은 무효화가 된다. 따라서 이러한 문제를 해소하기 위하여 Mobile IP[1]가 등장하였으며, 이는 IP 주소가 수시로 변경되는 이동노드(MN)와 상대노드(CN)간의 끊김 없는 통신을 위하여, 그들 사이에 IP가 변경되지 않는 홈 에이전트(HA)를 도입을 제안한다. HA는 MN을 대신하여 CN과 통신을 수립하고, 통신을 중계한다. 하지만 특정 HA를 사용하는 MN의 수가 많은 경우 HA에 트래픽이 몰리게 되고, 이는 고가의 HA장비 도입과 망의 불안정을 초래한다.

단말의 트래픽 사용량이 폭증함에 따라 코어 망의 부하를 줄이기 위한 Traffic Offload기법이 부각되는 현 시점에서, 이러한 Mobile IP의 단점을 극복하기 위한 단체

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014(H0301-14-1020))

*Dr. CS Hong is the corresponding author

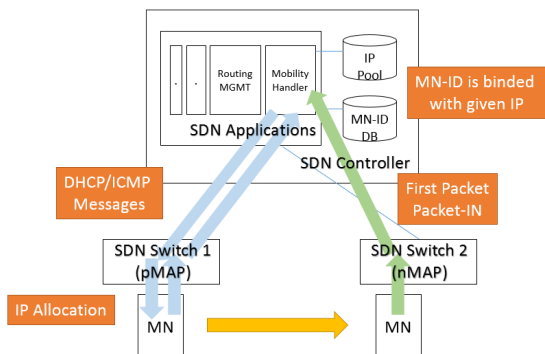
인 분산 이동성 관리 표준화 그룹(DMM WG)[2]이 주목을 받고 있다. 이 그룹은 HA 기능을 단말과 최대한 가까운 위치에 배치하는 것을 목표로 하며, 단말이 접속하는 라우터 상에 HA를 구현하고, HA를 관리하는 주체를 통하여 효율적인 이동성 지원을 하는 방안이 제시되었다.[3]

2. SDN / OpenFlow

SDN에서는 트래픽을 다음 홉으로 포워딩하는 Data Plane과, 트래픽을 어디로 보낼지 결정하는 Control Plane을 명시적으로 구분한다. SDN을 네트워크 구축에 적용하는 경우, 복잡한 연산이 필요로 하지 않는 Data Plane 장비(SDN Switch)는 저비용 네트워크의 구축을 가능하게 하고, Data Plane을 관리하고 소프트웨어 기반으로 라우팅 연산을 처리하는 Control Plane 장비(SDN Controller)는 유연하고 확장 가능한 네트워크를 실현할 수 있다. 이와 같은 장점으로 최근 SDN 연구에 많은 이목이 집중되고 있다. 그리고 SDN Controller가 라우팅 연산을 수행한 후, SDN Switch에게 라우팅 정보를 전달하기 위하여 OpenFlow 프로토콜[4]이 사용되며, OpenFlow 메시지에는 특정 트래픽(Flow)에 대한 기준과, 이를 처리하기 위한 명령(Action/Instruction) 정보가 포함된다. OpenFlow 메시지를 수신한 SDN Switch는 자신의 Flow Table에 해당 정보를 기록함으로써 추후에 수신하는 트래픽 또한 적절하게 처리할 수 있다. 또한 Flow Table에 일치하지 않는 Flow를 수신할 경우 이를 SDN Controller에게 전송하여, 해당 Flow의 처리방법을 질의할 수 있다.

3. 제안사항

본 제안에서는 SDN Controller상에 사용자 이동을 관리하는 Application을 구현하여, 추가적인 장비를 필요로 하지 않는 효과적인 핸드오버 처리를 가능하게 한다. 또한 네트워크 기반 이동성 구조를 사용하여 사용자 단말의 변경이 필요하지 않으며, IPv6뿐 아니라 IPv4까지 호환되는 구조를 제안한다.



[그림 1] IP 이동성 지원 프레임워크

1. 초기 접속 과정

네트워크에 처음 접속하는 경우, 단말은 네트워크 정보와 자신의 IP 주소를 획득하기 위하여 IPv6에서는 Router Solicitation을, IPv4에서는 DHCP Request 메시지

를 전송한다. 이를 위하여 SDN Switch상의 Flow Table을 변경함으로써 SDN Controller가 특정 프로토콜 패킷을 처리하도록 설정할 수 있다. 설정이 되면, SDN Switch는 수신한 패킷을 OpenFlow의 Packet-In 메시지내에 캡슐화하여 SDN Controller에게 전달한다. SDN Controller는 내장되어있는 SDN Application들에게 해당 패킷을 제공하고, 그중에서 조건을 만족하는 Application이 패킷을 처리한다. 본 연구에서는 ICMPv6과 DHCP 패킷을 처리할 수 있는 Mobility Handler SDN Application을 제안한다.

Mobility Handler는 패킷으로부터 단말의 링크 계층 주소를 추출하고, 이를 데이터베이스에 저장한다. 그리고 해당 스위치가 위치한 네트워크 IP/Prefix Pool 데이터베이스에서 단말에게 할당 가능한 항목을 조회한다. IP 할당 정보와 링크 계층 주소로 표현되는 단말 정보, 그리고 연결한 스위치 정보를 바인딩 하며 단말의 이동을 지원할 수 있으며, 그 데이터베이스의 구조는 [6]에서의 Binding Cache Entry 구조와 유사하다. 최종적으로, 단말에게 IP 주소를 할당해 주기 위하여 Mobility Handler는 Router Advertisement 또는 DHCP Offer 메시지를 생성하고 OpenFlow의 Packet-Out형태로 캡슐화하여 SDN Switch에게 전송하고, SDN Switch는 이를 단말에게 전달하는 과정으로 주소할당을 완료한다.

2. 단말 이동 과정

단말이 기존 위치에서 벗어나 기존 네트워크와의 연결을 끊고 새로운 네트워크와 연결한 경우를 가정한다. 이때 기존에 단말과 연결되었던 SDN Switch는 pMAS(previous Mobile Anchor Switch)로, 그리고 새로이 단말과 연결된 SDN Switch는 nMAS이라 명명한다.

네트워크 설정에 따라, 하위 계층 연결을 다시 수립하게 되어 새로운 IP주소 할당 과정을 거치게 되거나, 혹은 이전에 설정된 IP 주소를 유지하며 통신을 지속하게 된다. 두 경우 모두 nMAS의 Flow Table에는 아직 해당 단말과 관련한 트래픽 정보가 기록되지 않았으므로, 단말의 첫 번째 패킷은 반드시 SDN Controller에게 Packet-In 메시지를 통하여 전달되어야 한다. 이에 Mobility Handler는 패킷에서 추출한 단말정보와 데이터베이스를 바탕으로 단말이 pMAS에서 nMAS로 이동했다는 사실을 파악할 수 있으며, 따라서 pMAS와 nMAS에게 단말의 이동을 지원할 수 있는 명령을 전달해야 한다.

또한, 하위계층 연결이 다시 수립되면서 기존 IP 주소와 다른 IP주소를 할당받게 된다면, 상위 계층의 통신선이 두절되는 문제가 생긴다. 따라서 이 경우에는 이전 절에서 서술한 IP주소 할당과정을 그대로 수행하면서 기존 IP를 지속적으로 사용할 수 있도록 해야 한다. 즉, pMAS를 통한 단말 등록과정에 사용된 정보를 바탕으로 기존과 동일한 IP 주소를 단말에게 제공해야 한다.

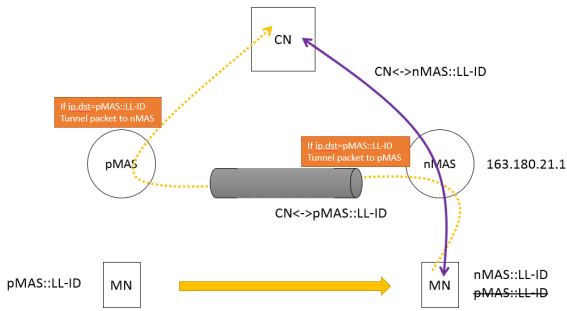
2-1. 단말 이동성 지원

nMAS에서 pMAS 네트워크의 IP 주소를 그대로 사용하는 경우, Ingress Filtering 기능으로 인하여 정상적인 통신이 불가능하다. 따라서 단말이 수신하고 발신하는 패

킷을 pMAP을 통해 증계할 수 있도록 nMAS와 pMAS의 Flow Table을 변경해야 한다. 즉, nMAS에서 단말에서 생성한 패킷을 수신한 경우 이를 pMAS으로 전달하고, 마찬가지로 pMAS에서 단말을 대상으로 하는 패킷을 수신한 경우 이를 nMAS으로 전달해 주어야 한다. 따라서 pMAS와 nMAS사이에서 IP 터널을 형성해야 하는데, 이는 OpenFlow에서 지원하는 Tunnel-ID 기능 또는 MPLS Tagging을 사용하는 Flow Modification 메시지를 전송하여 더욱 효율적인 트래픽 터널링이 가능하다.

2-2. 최적 경로 지원

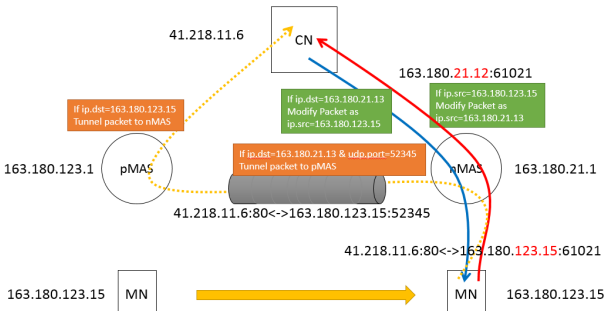
IPv6에서는 하나의 인터페이스 상에 다수의 IP 주소를 할당할 수 있고, 상태에 따라 IP 주소의 성격이 달라질 수 있으므로[7], Mobility Handler가 Router Advertisement 메시지를 전송할 때 pMAS에서의 prefix는 Deprecated 상태로 설정하고 nMAS에서 사용하기 위한 새로운 prefix를 동시에 제공할 수 있다. 이를 통하여, 기존 연결은 지속시키되 새로운 세션은 새 IP 주소를 사용하여 통신을 수립할 수 있는 Route Optimization이 가능해진다.



[그림 2] IPv6에서의 이동성 지원방안

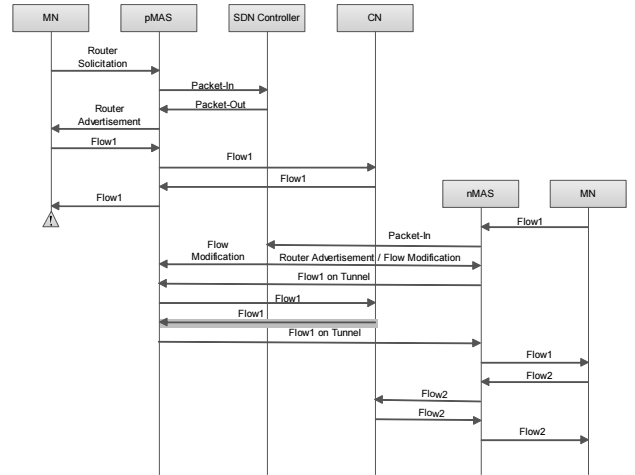
반면에, IPv4에서는 IPv6에서와 이동성 고려사항[5]이 마련되어있지 않고, 또한 기존 Mobile IPv4[1]에서의 Route Optimization을 위해서는 이동노드와 상대노드가 수정되어야하기 때문에, 단말의 수정을 배제한 채 네트워크 기반으로 단말의 이동을 관리하고자 하는 최근 연구에서는 터널링 기법만 적용이 가능하다.

이를 극복하기 위하여 본 제안에서는 OpenFlow의 Flow Modification을 사용한 Route Optimization 방안을 제시한다. 기존에 진행되던 연결은 터널링을 통하여 세션을 유지하고, 새로운 Flow가 수립되는 경우에는 Source IP 주소를 AP상에서 해당 subnet에 맞게 변경하여 최적의 경로로 통신이 이루어질 수 있도록 한다.



[그림 3] IPv4에서의 이동성 지원방안

4. 성능평가 및 결론



[그림 4] 제안된 프레임워크를 사용한 이동성 메시지

[그림 4]에서 제시된 바와 같이, 제안된 프레임워크를 사용하는 경우 SDN Controller와 OpenFlow 메시지만으로 모든 이동성 처리가 가능하다. 또한 라우팅을 위하여 필연적으로 발생하는 OpenFlow 메시지만으로 단말의 이동을 관리하므로, 단말 이동 시 [6]의 LMA, [3]의 CMD에 PBU/PBA 메시지를 추가적으로 전송해야 하는 기존 연구에 대비하여 최소 4개의 핸드오버 신호가 감소하여 지연 시간 또한 줄어드는 효과를 보인다.

현재 SDN Controller인 OpenIRIS에 Mobility Handler를 구현하여 IPv4 이동성을 지원할 수 있었으며, IPv6 지원과 기계학습 기능 추가를 위하여 연구를 진행중이다.

참고 문헌

[1] C. Perkins et al., "IP Mobility Support for IPv4, Revised", RFC 5944, November 2010
 [2] H. Chan et al., "Requirements for Distributed Mobility Management", draft-ietf-dmm-requirements-16, April 2014
 [3] C.J. Bernardos et al., "A PMIPv6-based solution for Distributed Mobility Management", draft-bernardos-dmm-pmip-03, January 2014
 [4] Anders Nygren et al., "OpenFlow Switch Specification 1.4.0", October 2013
 [5] D. Thaler et al., "Default Address Selection for Internet Protocol Version 6 (IPv6)", RFC 6724, September 2012
 [6] S. Gundavelli et al., "Proxy Mobile IPv6", RFC 5213, August 2008
 [7] S. Thomson et al., "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration", RFC 4862, September 2007