

SDN 환경에서 서비스 구별을 통한 동적 앵커 포인트 선정 이동성 관리

김영경, 염상길, 추현승
성균관대학교 소프트웨어대학
e-mail: {kimyk, Sanggil12, choo}@skku.edu

Dynamic anchor point selection through service distinction in SDN environment Mobility management

Young-Kyoung Kim, Sang-gil Yeom, Hyun-Seung Choo
*College of Software, SungKyunkwan University

요 약

최근 5G 네트워크의 출현은 전송속도의 진화에 따라 서비스를 확장하고 있는 추세이다. 네트워크에서 사용하는 단말의 수가 증가하며, 단말에서 사용하고 있는 서비스 수는 다양해지고 있다. 이러한 점은 이동성관리 연구가 필수적이며 다양한 기존 연구들이 있다. 하지만 기존 연구에서는 handover delay로 인한 QoE 저하 문제, 활성 링크 수 증가로 인한 패킷 손실 및 네트워크 자원 부족 문제점이 발생을 한다. 이러한 점을 해결하기 위해 단말에서 사용하는 flow 타입을 실시간과 비실시간 서비스로 구별한다. 이동성 요구사항을 필요로 하는 실시간 서비스 앵커를 설정하는 동작과정을 수행하여 라우팅의 경로를 최소화하여 네트워크에서 발생하는 여러 가지 문제점들을 해결한다. 본 논문에서는 수학적 수식을 통한 성능평가를 통해 기존 SDN 기반 이동성관리 보다 제안하는 아이디어가 handover delay 시간을 50% 줄일 수 있다는 점을 확인하였다.

1. 서론

최근 5G 네트워크를 통해 얻을 수 있는 새로운 경험은 전송속도 진화에 따른 서비스의 확장하고 있는 추세이다. 이러한 점은 단말이 사용하는 서비스 수가 다양해지며 네트워크에서 사용하는 단말의 수도 증가한다는 점을 보여준다. 사용자는 끊임 없는 서비스를 받길 원한다. 단말이 이동하지 않는 환경에서는 끊임 없는 서비스를 제공해줄 수 있지만, 단말이 다른 AP(Access Point)로 이동하는 경우인 handover를 수행 시, 일시적으로 끊김 현상이 발생하기 때문에 지속적인 서비스를 제공하는 어려움이 발생한다. 5G에서의 라이브 실시간 스트리밍 같은 서비스의 경우, 서비스 끊김 현상은 사용자에게 불편함을 제공하며 서비스별 차별화된 이동성 관리가 요구되어진다. [1]

스트리밍 같은 서비스를 끊임 없이 제공을 하는 것을 목적으로 하며, 단말의 세션은 단말이 이동하여도 유지한다. 기존 이동성 관리의 단말 별로 관리하여 핸드오버 시 경로의 단절점을 앵커로 고정한다. 이로 인해 패킷 경로가 항상 최적경로가 될 수 없기 때문에 packet delivery cost와 handover delay가 증가한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 앵커를 유동적으로 설정하는 기법이 제안한다. 유동적으로 앵커를 잡아 packet delivery cost 및 handover delay를 감소하는 장점이 있다. 하지만 현재 단말의 사용처럼 동시에 여러 개의 서비스를 사용하는 경우, flow의 수에 따라 signaling cost 및 handover delay가 발생 한다.

이러한 문제점들을 해결하기위해, 최근 연구들은 flow별 이동성 관리를 제안한다. 하지만 flow 기반 앵커 선정 시 서비스 종류 따라 앵커를 선정하지 않는다. 이러한 점은 실시간 서비스의 경우 handover delay로 인한 QoE 저하 문제가 발생한다. 또한 활성 링크 수 증가로 인한 패킷 손실 문제점등이 발생한다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 다중 서비스 구별을 통한 동적 앵커 포인트 선정 이동성관리 기법을 제안한다. 제안 기법에서는 서비스별로 이동성 요구사항에 따라 단말이 핸드오버가 발생 시 때마다 앵커의 설정을 판단한다. 그리고 이전 라우팅 경로와 단말이 위치한 스위치 사이의 거리를 계산하여 앵커를 유동적으로 설정한다. 제안 기법을 사용 시, 활성화된 링크를 최소화하여 네트워크 자원 사용 효율성이 증가하며 handover delay를 감소할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위에서 언급된 단말별 과 flow별 이동성 관리 기술들을 자세히 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기법에 대한 구성, 동작과정 그리고 앵커를 설정하는 알고리즘을 설명하며 4장에서는 제안아이디어와 기존 SDN 기반의 이동성 관리에 관한 성능평가를 비교한 후 5장에서 제안 아이디어에 대한 결론을 짓고 논문을 마무리한다.

2. 관련연구

OF-PMIPv6 [2]는 대표적인 단말별 이동성 지원 프로토콜이며 앵커 역할을 수행하는 LMA(Local Mobility Anchor)가 고정되어 있는 구조를 가진다. OF-PMIPv6는 SDN 기반의 PMIPv6이다. 컨트롤러가 존재하며 LMA와 MAG(Mobility Access Gateway)로 구성한다. OF-PMIPv6 도메인에서 단말이 핸드오버 수행 전에 미리 컨트롤러와 LMA와 MAG간 메시지를 전송하여 터널을 생성한다. 하지만 터널링 생성 수행과정에서는 signaling cost가 발생하며 패킷 전송 시 LMA를 거쳐야하는 단점이 발생한다. 이러한 기법은 단말별 이동성 관리만 지원한다.

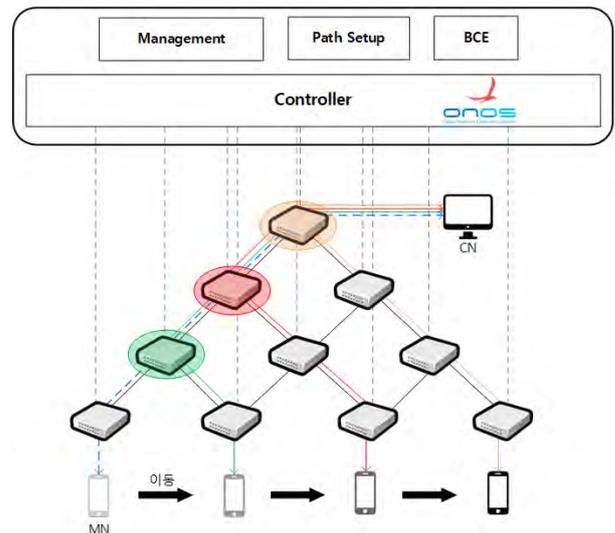
이러한 단점을 해결하기 위해 Dynamic anchor point selection 기법 [3]을 제안한다. 이 기법은 SDN 환경에서는 flow별 이동성 관리를 하며 각 flow마다 적합한 앵커를 선정하는 방식을 가지고 있다. 기존에 제안하는 아이디어들과 다르게 앵커 포인트는 네트워크의 글로벌 뷰를 갖는 SDN 컨트롤러의 상단에 구현된 가상 함수에 의해 각 플로우에 대해 동적으로 선택한다. SDN 컨트롤러가 flow마다 적합한 앵커를 선정하는 방식으로 MN과 CN간 통신 시 최적경로에 위치한 스위치 중 하나가 앵커 역할을 수행한다. 제안하는 구조는 PMIPv6와 비슷한 형태이지만 LMA는 어플리케이션화 되어 있다. 해당 환경에서 앵커 선택 시 MN과 CN간의 hop 수와 앵커 역할을 수행할 스위치의 이용 가능한 대역폭을 고려하여 결정한다. 이 제안 기법은 anchor가 최적경로에 위치하지만 flow마다 anchor가 설정되면 변경 되지 않는다. 따라서 단말이 장거리로 핸드오버를 수행할 시 packet delivery cost가 증가할하는 문제점이 발생한다.

3. 제안 기법

3.1 구조

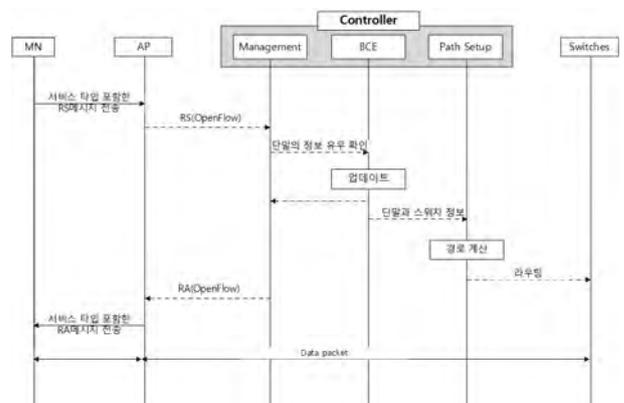
제안 기법은 SDN 기반 네트워크 환경에서 동작을 하며 구조는 SDN 컨트롤러와 OpenFlow 스위치와 AP들로 구성한다. 본 논문에서는 flow는 크게 세가지로 나뉜다. 첫 번째 type1인 Non-persistent flow는 우리가 실생활에서 흔히 사용하고 있는 웹 서칭, 문자서비스 같은 비실시간 서비스이다. 이 서비스의 특징은 단말이 이동을 했을 시 지속적으로 세션을 유지할 필요가 없으며 다시 새로운 주소를 할당 받으면 된다. 두 번째 type2인 Session-lasting flow는 스트리밍 서비스, 게임 등과 같은 실시간 서비스이다. 이 서비스는 단말이 이동하였을 시, 세션이 끊김 없이 제공하는 것이 중요하며 이동성을 요구되어 진다. 마지막으로 type3인 Fixed flow는 IP 주소가 항상 유효한 상태로 유지되어야 하는 서버 응용 프로그램에 속한 flow 위한 것이다. 이러한 응용 프로그램은 외부에서 연결할 수 있어야 하기 때문이다. 이러한 구별은 MN에서 AP로 부착될시 상태를 알리기 위해 RS message를 이용한다. 메시지 field 중 reserved field를 확장하여 flow 타입 추가한

다. 이 메시지를 받은 컨트롤러는 flow 타입을 쉽게 구할 수 있다. [4],[5] 이러한 컨트롤러에는 3 가지 어플리케이션으로 구성한다. 첫 번째, Management 모듈은 컨트롤러에 들어오는 메시지들을 처리하고 메시지의 유형에 따라 다른 어플리케이션들을 동작시킨다. 또한 단말이 사용하고 있는 타입을 구별하기 위해 서로 다른 prefix를 할당하고 다시 단말에게 RA 메시지를 보내는 역할을 하고 있다. 두 번째, BCE(Binding Cache Entry)는 Management 모듈로부터 단말의 정보를 확인하여 단말의 ID, 단말과 연결된 AP 정보, 단말에 할당된 prefix 등을 저장 및 업데이트를 한다. 마지막으로 Path Setup 모듈은 단말의 flow 타입을 판별에 따라 핸드오버 시 앵커 설정 유무를 판단한다. 단말이 type 1일 시 핸드오버를 수행할 때마다 기존 경로와 현재 단말 위치의 거리를 비교를 하여 가까운 거리의 기존 경로위에 있는 스위치를 앵커로 설정한다. type 2 와 3인 경우에는 최적 경로를 재계산하여 이용한다.



(그림 1) 실시간 서비스 시 제안 기법 구조

3.2 동작과정



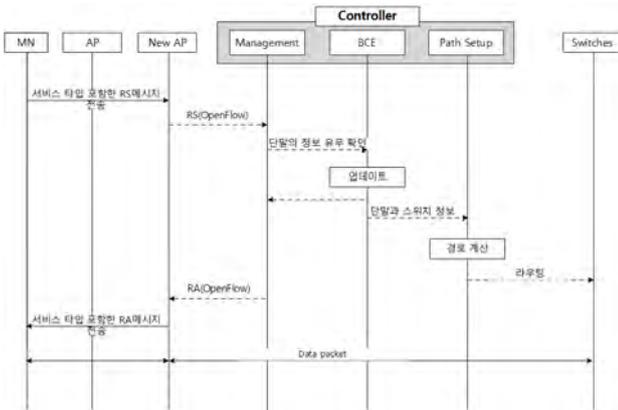
(그림 2) Registration 과정

제안 기법의 동작과정은 registration 부분과 handover

부분으로 구분하여 고려할 예정이다. 처음 단말이 컨트롤러가 관리하는 네트워크 내로 접근 시 단말은 네트워크에 단말의 정보가 있는지 요청을 하게 된다. 요청 받은 컨트롤러는 단말의 정보를 저장하며 네트워크를 쉽게 관리할 수 있다. Registration 과정이며 그림2와 같은 동작과정을 수행하고 있다.

단말이 AP에 부착이 되면 RS message를 통해 단말의 상태를 파악한다. RS message에는 flow의 타입을 포함하고 있다. RS message를 받은 AP는 OpenFlow 기반의 RS message를 통해 단말의 정보를 컨트롤러에게 전송을 한다. 이 메시지를 받은 컨트롤러는 Management 모듈을 통해 단말이 사용하고 있는 flow 종류에 대한 prefix를 할당 받는다. 그 다음 단말의 정보를 BCE에 유무를 확인 후 업데이트 한다. 업데이트 정보를 Path Setup 모듈로 전달한다. 단말이 사용하고 있는 flow에 관한 라우팅 계산을 하여 MN과 CN 사이의 경로가 생성이 된다.

제안하는 아이디어는 단말이 AP에 처음 부착될 시 뿐만 아니라 단말에서 다른 서비스도 요청하는 경우도 고려해야 한다. 이 경우는 앞에 설명한 과정과 비슷하게 동작을 한다. 다른 점은 BCE에 단말을 저장된 결과이다. flow 타입에 따른 prefix를 할당 받았기 때문에 단말에서 사용하고 있는 flow 타입에 따라 단말의 정보들이 저장이 된다.



(그림 3) Handover 과정

단말이 CN과 통신하는 중 이동하여 다른 AP와 가까워지는 경우, 단말은 기존 AP와의 연결을 끊고 그림 3과 같이 새로운 AP와 연결을 수행한다. MN은 첫 번째 경우와 같이 새로운 AP에게 flow 타입을 포함한 RS message를 전송한다. 이 메시지를 받은 AP는 MN의 정보를 OpenFlow 기반의 RS message에 담아 컨트롤러에게 전달한다. RS message를 받은 Management 모듈은 단말의 정보를 BCE에 저장하기 위해 BCE에 단말의 정보 유무에 대한 메시지를 전송한다. BCE에서는 단말에 대한 정보를 저장한다. 업데이트된 단말의 정보는 Path Setup 모듈로 전송되어 라우팅 계산을 판단한다. 다음은 라우팅 계산에 대한 알고리즘 부분은 아래에 자세히 서술한다.

3.3 동적 앵커 선택 알고리즘

Path Setup 모듈은 단말에서 사용하는 서비스를 구별된 prefix를 통해 서비스 type을 구별한다. 앵커 설정에 대한 판단 여부를 통해 각각의 타입들은 앵커를 선정하거나 최적 경로로 계산한다. type 1인 비실시간 서비스를 사용 시, 최적 경로를 계산하여 라우팅 한다. 하지만 type 2인 실시간 서비스를 사용 시 그림 1과 같이 앵커를 선정한다. 이전 경로와 현재 단말이 부착된 AP 사이에서 가장 가까운 이전 경로위에 있는 스위치를 계산하여 앵커로 설정한다. 이러한 라우팅 계산은 핸드오버 시 동적으로 앵커를 설정하여 최소한의 경로를 이용할 수 있어 네트워크 자원 부족 문제 및 handover delay를 할 수 있으며 실시간 서비스에 대한 패킷 손실을 줄여 QoE를 개선 할 수 있다.

4. 성능분석

<표 1> 수식대한 표기법과 설명

변수	설명
N	모바일 장치에서 모든 활성화된 flow 집합
i	활성화된 flow 하나 표시 ($i \in N$)
P_i	flow i 경로에서 스위치를 정의하는 집합
M	모바일 장치에서 활성화된 실시간 flow 집합 ($M \subseteq N$)
j	하나의 활성화된 실시간 flow 표시 ($j \in M$)
P_j	실시간 flow j 의 경로에서 스위치를 정의하는 집합

인자값 따라 변화하는 성능을 측정하고 기존 SDN 기반의 기법들과 비교하기 위해 사용한다. Handover delay는 단말과 기존에 연결된 AP와의 연결이 끊기고 나서 단말이 새로 연결할 AP에 RS 메시지를 보내고 RA 메시지를 받기까지의 시간이다. 단말과 연결할 AP간 2계층 연결에 걸리는 시간은 T_{WRS} , 단말이 AP로 RS 메시지를 전송하는 시간과 AP가 컨트롤러로 OF_RS 메시지를 전송하는 시간은 각각 T_{RS} , T_{O-RS} 이다. 컨트롤러가 알고리즘을 수행하여 경로를 계산하고 flow_mod 메시지를 보내는 시간은 T_{FM} , 컨트롤러가 AP로, AP가 단말로 RA 메시지를 보내는 시간은 각각 T_{O-RA} , T_{RA} 이다. 그러므로 handover delay D_H 는 다음과 같이 계산될 수 있다 :

$$D_H = T_{WRS} + T_{RS} + T_{O-RS} + T_{O-RA} + T_{RA} + T_{FM} \sum_{j=1}^{|M|} |P_j|$$

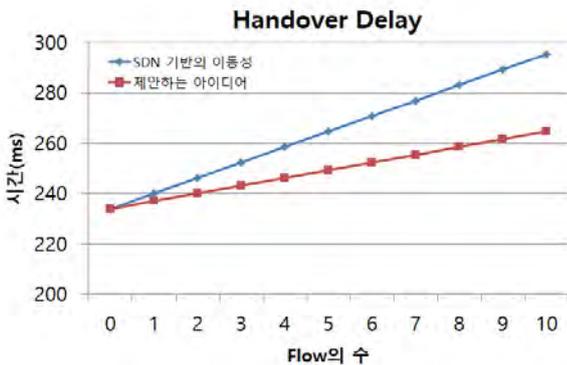
제안 기법에서의 수식 결과는 다음과 같다.

$$D_H = T_{WRS} + T_{RS} + T_{O-RS} + T_{O-RA} + T_{RA} + T_{FM} \sum_{j=1}^{|M|} |P_j|$$

<표 2> handover delay 수식에서 사용되는 인자 값

변수	값	변수	값	변수	값
T_{WRS}	220ms	T_{O-RS}	0.4ms	$ P_i $	10
T_{RS}	0.2ms	T_{O-RA}	0.41ms	$ P_j $	10
T_{RA}	12.85ms	T_{FM}	6.15ms		

handover delay 계산에 사용되는 서로 다른 변수의 값은 [2]에 따라 표 2에 나타나 있다. 그림 4에서 우리는 모바일 장치에서 증가하는 활성 흐름에 대한 일반 SDN 기반 IP 이동성 과 제안하는 아이디어에 대한 handover delay 비교 분석한다. 평가에서 모바일 비디오 트래픽이 2016 년 전체 모바일 데이터 트래픽의 60 %를 차지한다고 [5]에서 보고 된 사실을 고려하여 모바일 장치에서 활성화된 flow의 절반만이 실시간 흐름이라고 가정한다. 그림 4의 결과는 제안하는 아이디어의 handover delay가 50 % 줄었으며 기존의 SDN 기반 환경의 이동성보다 실시간 서비스를 신속하게 처리 할 수 있다는 점을 알 수 있다.



(그림 4) handover delay 비교

5. 결론 및 향후 연구

네트워크의 발전에 따라 이동성관리 연구가 중요해지며 한 단말에서 사용하는 서비스가 증가하고 있다. 이러한 추세는 다양한 이동성 연구들을 발전 중이다. 하지만 기존 연구들에서는 서비스 별 이동성을 고려하지 않아 실시간 서비스를 사용 시 handover delay, 네트워크 자원 낭비 문제를 초래한다. 이러한 점을 해결하기 위해 본 논문에서는 핸드오버 시 서비스 종류에 따라 앵커 설정을 판단한다. 이러한 판단은 실시간 서비스에서는 핸드오버가 수행되었을 시 앵커를 유동적으로 선택하게 되어 최소한의 경로로 변경할 수 있다. 이러한 점은 handover delay 및 네트워크에서 발생하는 문제를 해결하여 성능 향상에 도움을 줄 수 있다. 향후 연구로는 동적앵커 포인트 선정하는 방식 알고리즘에 초점 맞추어 실제 네트워크에서의 성능 평가를 확인 할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 기초연구사업 (NRF-2010-0020210)과 과학기술정보통신부 및 정보통신 기술 진흥센터의 Grand ICT연구센터지원사업 (IITP-2018-2015-0-00742), 정보통신 기술 진흥센터 (2015-0-00567, 유무선 통합 네트워크에서 접속 방식에 독립적인 차세대 네트워킹 기술 개발), 방송통신인프라 원천기술개발사업 (2014-3-00547, 자율 제어 네트워킹 및 자율 관리 핵심 기술 관리)의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

[1] A. Yegin, J. Park, K. Kweon, and J. Lee, "Terminal-centric distribution and orchestration of IP mobility for 5G networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no.11, pp. 86-92, Nov. 2014

[2] S. M. Raza, D. S. Kim, and H. Choo "Leveraging PMIPv6 with SDN," *Journal of Communications and Networks*, 2016

[3] A. Bradai, A. Benslimane, and K. D. Singh, "Dynamic anchor points selection for mobility management in Software Defined Networks," *Network and Computer Applications*, vol.57, pp.1-11, Nov. 2015

[4] Y. Kim, S. M. Raza, D. T. Nguyen, S. Jeon, and H. Choo "Towards On-Demand Mobility Management in SDN", *IMCOM*, 2018

[5] A. Yeginetal., "On Demand Mobility Management," draft-ietf-dmm-ondemandmobility-12, *DMM Working Group*, JAN. 2018