

IoT를 고려한 SDN에서 QoS 기반 플로우 핸드오버 관리 방법

경연웅¹, 김태국^{2*}

¹한신대학교 컴퓨터공학부 교수, ²동명대학교 정보통신소프트웨어학과 교수

Flow Handover Management Scheme based on QoS in SDN Considering IoT

Yeun-Woong Kyung¹, Tae-Kook Kim^{2*}

¹Professor, Division of Computer Engineering, Hanshin University,

²Professor, Department of Information, Communications & Software Engineering, Tongmyong University

요약 본 논문은 SDN에서 QoS 특성을 고려한 차등적인 플로우 핸드오버 관리 방법을 제안하고자 한다. IoT 등 기존 네트워크와는 상이한 서비스들이 등장하고 있는 상황에서 기존의 네트워크는 일반적으로 플로우의 특성을 고려하지 않고 단일적인 핸드오버 방법을 제공하였다. 인터넷에서는 IP 연속성을 유지하면서 최소한의 QoS를 보장할 수 있는 핸드오버 방법들이 현실적으로 제공되고 있고, 4G, 5G 등 모바일 네트워크에서는 QoS 특성을 고려하지 않고 모든 플로우들에 대해 엄격하게 QoS를 보장하여 핸드오버 방법이 제공되고 있다. 이에 따라 QoS 요구사항이 높은 플로우인 인터넷 상황에서 엄격한 QoS 요구사항을 만족시키면서 서비스 연속성이 보장되기 어렵고, 모바일 네트워크에서는 QoS 요구사항이 낮은 플로우와 높은 플로우의 구분이 없이 엄격한 핸드오버 방법이 제공되기 때문에 자원의 비효율적인 사용이 문제로 제시되고 있다. 본 논문에서는 SDN에서 SDN 컨트롤러에 제어 하에 QoS 요구사항에 따라 효율적인 네트워크 운영을 지원하기 위하여 각 flow 특성에 맞는 핸드오버 방법을 제공하고자 한다. 제안하는 방법은 네트워크 운영자 입장에서 효율적인 네트워크 자원 활용을 도모하고 동시에 플로우의 QoS 요구사항을 만족시키고자 한다.

주제어 : SDN, 핸드오버, QoS, 플로우 관리

Abstract In this paper, we propose a QoS-based handover management scheme in SDN. Even though there have been lots of recent services such as IoT, the conventional networks provide a monolithic handover method without considerations on flow-specific QoS features. For example, the conventional Internet provides a handover method which only considers IP continuity. On the other hand, 4G and 5G networks use a strict handover method for all kinds of flows with resource reservations. This means that it is difficult to guarantee the QoS requirements for the flow with a strict QoS requirement in Internet and the inefficient resource utilization can occur in the 4G and 5G because of the strict QoS-based handover management. The proposed scheme proposes the flow handover management scheme based on QoS requirements according to the SDN controller's management. From the network operators' perspective, the proposed scheme can provide the efficient resource utilization as well as QoS provisioning.

Key Words : SDN, handover, QoS, flow management

1. 서론

4차 산업 혁명과 더불어 현재 네트워크는 IoT 등 다양한 유무선 장치들의 사용과 이에 따른 다양한 QoS(Quality of Service)를 요구하는 서비스들이 증가하고 있다[1-3]. 이에 따라 이동성 지원은 지속적인 네트워크 분야의 연구 주제로 논의되고 있다. 특히 현재 all-IP 기반의 네트워크에서는 IP 기반 이동성 지원 방법이 적용되어 사용되고 있다. 하지만 전형적인 IP 기반 이동성 지원 방법들은 IP 세션의 연결성만 보장하고자 하고, 핸드오버 중의 QoS 요구사항은 고려하지 못하였다. 예를 들어 바인딩 업데이트나 경로 변경 동안의 핸드오버 지연 및 패킷 손실은 QoS에 민감한 서비스 플로우들에 QoS 저하를 야기시킬 수 있다[4,5]. 이를 극복하고자 선점적인 핸드오버 또는 버퍼링 방법이 제안되었는데 [4-6], 이 방법들 또한 다양한 서비스들의 다양한 QoS 요구사항을 고려하지 못하였고, 특정 서비스에 국한된 단일적인 방법만을 제공하여 효율적인 자원 활용이 고려되지 못했다.

셀룰러 네트워크는 기존 IP 네트워크와는 달리 기본 원리가 이동하는 사용자에게 서비스를 제공하는 것이기 때문에 사용자가 이동하더라도 QoS 요구사항을 엄격하게 보장해야 한다. 그러므로 all-IP 서비스가 제공되는 4G 네트워크에서는 IP 기반 이동성 프로토콜이 근반이 되지만 엄격한 QoS 요구사항을 만족시키기 위해 액세스 노드간의 터널링, 버퍼링, 그리고 선점적인 자원 예약 등이 추가로 적용되어 사용되고 있다 [7]. 예를 들어 현재 4G 네트워크에서는 mobility management entity(MME)의 제어 하에 eNodeB간의 (또는 SGW를 통한) 터널링과 버퍼링, 그리고 이동 노드를 위한 자원 예약이 지원되어 시간 지연과 패킷 손실이 거의 발생하지 않는 핸드오버가 제공된다. 하지만 서비스의 특성을 고려하지 않고 모든 서비스에 엄격한 핸드오버 방법이 제공되기 때문에 네트워크 운영 입장에서는 시그널링 오버헤드 및 불필요한 자원 예약 등 비효율성이 야기될 수 있다 [8].

이러한 네트워크 환경에서 Software Defined Networking(SDN)이라는 제어평면과 전송평면을 프로그래머블 인터페이스를 (e.g., OpenFlow[10], ForCES[11]) 통해 분리시키고자 하는 패러다임이 등장하였다. SDN에서 전송/제어 평면의 분리는 논리적으로 중앙 집중적인 컨트롤러가 전체적인 뷰를 갖고 있으면서, 전송 평면의 노드들은 단순히 컨트롤러의 제어 하에 플로우 기반으로 전송하는 동작만 수행하기 때문에 현재

하드웨어 기반의 네트워크에 비교하여 유연한 네트워크 구성을 가능하게 한다.

이러한 특성을 고려하여 SDN 기반의 네트워크에서도 이동성을 지원하는 연구가 진행되었다. 초기 SDN 연구인 OpenRoads[12]에서는 SDN 컨트롤러에 의해 dummy한 무선 액세스 노드들이 제어됨으로써 멀티캐스팅 등을 통한 유연한 핸드오버 방법이 연구되었다. 반면 기존 이동성 제공 방법을 SDN 기반 네트워크에 적용하고자 하는 연구들도 지속되고 있다. 특히 상용화되어 널리 사용중인 네트워크 기반 IP 이동성 프로토콜인 proxy mobile IPv6(PMIPv6)[13]을 SDN에 적용하고자 하는 연구가 진행되었다[14,15]. 이들은 기존 앵커 포인트 및 제어 기능을 수행했던 local mobility anchor(LMA) 및 mobility access gateway(MAG)의 제어 기능을 SDN 컨트롤러가 수행하고, 전송 평면은 SDN 장비가 단순히 전송 기능만을 지원함으로써 유연한 경로 관리 방법이 가능함을 설명하였다.

이와 더불어 SDN을 4G 셀룰러 네트워크의 코어 네트워크인 evolved packet core(EPC)에 적용하는 연구들도 진행되었다[9,16-18]. 이 연구들은 SDN 기반의 EPC는 기존의 하드웨어/벤더 의존성을 줄이고 flat 네트워킹을 지원함에 따라 비용 효율적인 운영이 가능하게 되며 트래픽 최적화에도 도움이 될수 있음을 설명하였다. 하지만 이러한 기존 연구들에서도 EPC의 서비스를 고려하지 않는 엄격한 핸드오버 방법이 활용되며 SDN의 특성을 고려한 핸드오버 방법은 아직 연구되지 않았다.

그러므로 본 연구에서는 SDN 기반의 이동 네트워크에서 플로우들의 QoS 요구사항을 고려한 동적인 핸드오버 방법을 제안하고자 한다. 제안하는 방법은 QoS 요구사항에 따라 플로우들을 분류하고 SDN 컨트롤러의 네트워크 관리를 통해 QoS 요구사항을 만족시키면서 네트워크 자원을 효율적으로 사용하고자 한다.

2. 제안하는 플로우 핸드오버 방법

2.1 플로우의 분류

제안하는 방법은 SDN 기반의 이동 네트워크에서 QoS 요구사항에 따라 플로우를 분류하고 각 flow에 동적 핸드오버 방법을 제공하고자 한다. 본 논문에서는 전송 평면(forwarding plane) 노드의 액션 필드에 버퍼링 기능과 드롭 기능, 특정 포트로의 전송 기능, 그리고 인캡슐레이션을 통한 컨트롤러로의 전송기능이 있고

OpenFlow 표준에 따라 동작하는 것을 가정한다[10]. 본 논문에서는 플로우를 분류하기 위해서 서비스 성능에 영향을 주는 시간 지연과 패킷 손실 민감도에 따른 QoS 요구사항을 고려하였고, 이에 따라 플로우를 3개로 분류하였다. 본 논문에서는 분류된 각 플로우 그룹을 클래스라 명명하였다. 클래스 1은 시간 지연과 손실에 둔감한 플로우 그룹으로, 단대 단 시간지연은 수초 정도가 요구되고 패킷 손실도 약 3 퍼센트 정도가 허용되는 클래스이다. Best effort 서비스 플로우가 이에 속할 수 있다. 클래스 2는 패킷 손실에 민감하고 시간 지연에 상대적으로 민감하지 않은 플로우 그룹이다. 기존 FTP(File Transfer Protocol), E-mail 서비스가 이에 포함되며 3GPP release 10에서 소개한 MTC(Machine Type Communication) 트래픽 중 IoT 기기의 metering과 같이 시간 지연에 둔감하지만 매우 낮은 패킷 손실율을 요구하는 트래픽이 포함될 수 있다[19]. 즉 0퍼센트에 가까운 엄격한 패킷 손실율을 요구하는 클래스이다. 클래스 3은 패킷 손실에는 상대적으로 덜 민감하고, 시간 지연에 민감한 클래스이다. 예를 들어 VoIP(Voice over IP)와 일방적 오디오/비디오 스트리밍 서비스, 그리고 IoT 기기의 live monitoring 트래픽이 포함될 수 있다[19].

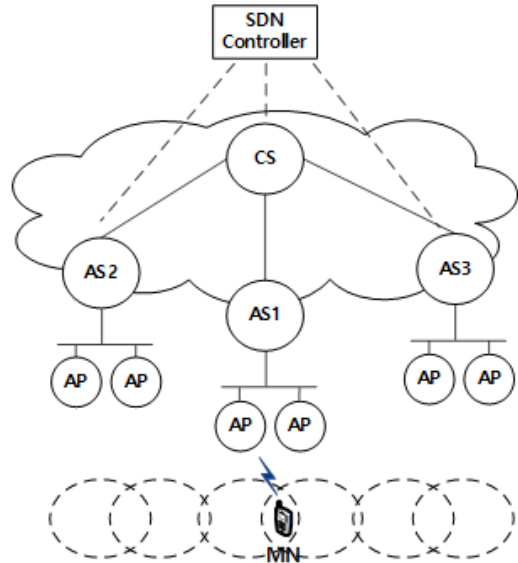
2.2 QoS 기반 핸드오버 방법

위에서 정의한 분류에 기반하여 핸드오버가 발생할 때 SDN 컨트롤러의 제어 하에 동적 핸드오버가 제공된다. 제안하는 방법은 분류된 플로우들의 서로 상이한 QoS 조건을 만족시키면서 네트워크 자원을 효율적으로 사용하는 것에 목적을 둔다.

그림 1은 SDN 기반의 이동네트워크 아키텍처의 예를 보여준다. 그림 1과 같이 SDN 기반의 이동네트워크 아키텍처에는 전송 평면에 액세스 스위치들과 (AS 1, AS 2, AS 3) 코어 스위치 (CS)가 존재하며, 제어 평면에 컨트롤러가 존재한다. 액세스 스위치는 이동 노드가 접속하는 첫 번째 스위치를 의미하고, 코어 스위치는 여러 개의 액세스 스위치가 연결된 스위치로 이동 노드가 액세스 스위치 간의 이동 시 패킷 전송 경로의 스위칭 포인트의 역할을 수행한다. 전송 평면의 모든 노드들은 특정 인터페이스 (e.g., OpenFlow, ForCES)를 기반으로 SDN 컨트롤러에 의해 제어된다.

SDN 컨트롤러는 이 인터페이스를 통해 각 노드의 플로우 엔트리를 더하거나, 수정하거나 지우는 등의 제어를 수행할 수 있다. 그리고 전송평면의 노드들은 해당 인터페이스를 통하여 각 플로우 또는 플로우들의 그룹에 대

한 통계정보를 전송할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 통계정보를 통해 컨트롤러가 이동 노드의 L2 핸드오버를 인지할 수 있음을 가정하였다.



[Fig. 1] SDN-based access network architecture

예를 들어, 하나의 전송평면 스위치에서, 핸드오버로 인해 특정 플로우 엔트리의 패킷 양이 정해진 기준 값보다 떨어진다면, 해당 스위치는 이 통계정보를 컨트롤러에게 알릴 수 있다. 이를 통해 컨트롤러는 이동 노드의 L2 핸드오버를 인지할 수 있다. 또한 특정 플로우 엔트리의 패킷 양이 정해진 기준 값보다 많아졌다면, 이동 노드가 핸드오버를 통해 해당 스위치에 접속한 사실도 알 수 있다.

본 논문에서는 이동 노드가 핸드오버를 인지하지 못하도록 컨트롤러의 제어 하에 router solicitation(RS) 메시지와 router advertisement(RA) 메시지가 이동 노드와 컨트롤러 간 주고받는 것을 가정하였다.

위의 설명들에 기반하여 제안하는 방법은 4가지 타입의 핸드오버 방법을 제공한다: (1) 클래스 1 플로우들을 위한 반응형 방법, (2) 클래스 2 플로우들을 위한 버퍼링 지원 방법, (3) 클래스 3 플로우들을 위한 버퍼링 지원 및 선점적 방법. 그림 2는 이러한 3가지 타입의 핸드오버 방법을 묘사하고 있다.

2.2.1 클래스 1 플로우의 반응형 방법

그림 2(a)는 클래스 1 플로우들을 위한 반응형 방법을 나타낸다. 클래스 1 플로우들은 QoS 요구사항이 엄격하

지 않기 때문에 OpenFlow 표준[10]에 정의된 기본 동작대로 핸드오버를 제공한다. 즉 이동 노드가 핸드오버 후에 액세스 스위치 (AS) 2에 접속하면, 이동 노드는 RS(Route Solicitation) 메시지를 AS 2에게 전송하고, AS 2는 해당 메시지를 PI(packet-in) 메시지로 컨트롤러에게 전송하게 된다. 컨트롤러는 RA(Router Advertisement) 메시지를 포함하는 PO(packet-out) 메시지를 AS 2를 통해 전송하고 플로우 엔트리 수정을 위한 FM(flow-mod) 메시지를 코어 스위치(CS)에 전송함으로써, AS 2와 CS의 플로우 엔트리 경로가 변경되어 핸드오버가 제공되게 된다. 즉 클래스 1의 반응형 방법은 이동 노드의 핸드오버 이후, AS 2에 접속한 뒤에 컨트롤러가 제어하기 때문에 AS 1에서의 마지막 패킷 송수신 이후 AS 2에 다시 접속하여 플로우 엔트리 업데이트가 이뤄지기 전까지 패킷의 손실과 지연이 발생하게 된다. 이러한 클래스 1의 반응형 방법은 기존 연구들 중 SDN 기반 PMIPv6[15]의 반응형 기법과 동일한 절차를 나타낸다.

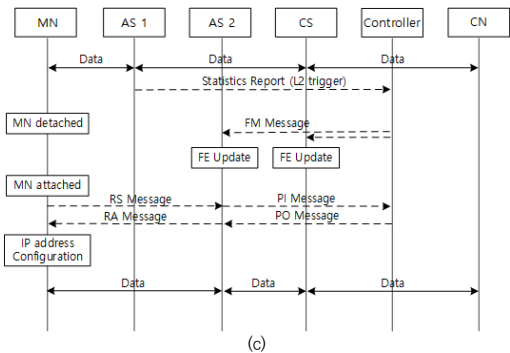
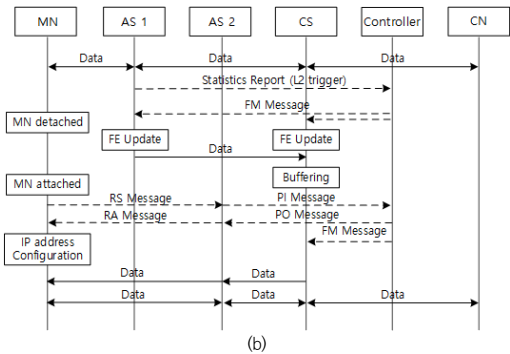
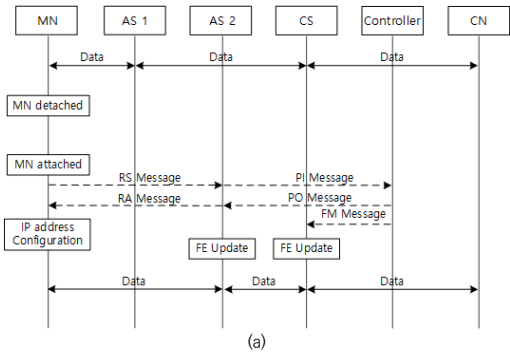
2.2.2 클래스 2 플로우의 버퍼링 지원 방법

그림 2(b)는 손실에 민감한 클래스 2 플로우들을 위한 버퍼링 지원 방법을 나타낸다. 이동 노드가 이동하기 시작하면, 컨트롤러는 L2 핸드오버 트리거링 시점을 AS 1의 통계 정보를 통해 인지하게 된다. 컨트롤러는 AS 1과 CS의 플로우 엔트리 업데이트를 통해 이동 노드의 데이터를 CS에 버퍼링 시키도록 제어하고, 이동 노드가 AS 2에 접속하게 되면 손실 없이 버퍼링 된 데이터를 수신하게 된다. 즉 클래스 2의 버퍼링 지원 방법은 AS 1의 통계 정보를 활용함으로써 컨트롤러가 이동 노드의 L2 핸드오버를 인지하고 이를 통해 이동 노드로의 데이터를 CS에서 버퍼링 시킴에 따라 이동 노드가 AS 1에서의 마지막 패킷 수신 후 AS 2에 접속 시 CS에 버퍼링된 패킷들을 손실 없이 수신할 수 있다.

2.2.3 클래스 3 플로우의 선점적 방법

그림 2(c)는 지연에 민감한 클래스 3 플로우들을 위한 선점적 방법을 나타낸다. 이동 노드의 L2 핸드오버를 인지하면 컨트롤러는 타겟 후보 AS들에게 이동노드의 업링크(Uplink; UL) 및 다운링크(Downlink; DL) 플로우 엔트리를 생성하고 CS의 UL 플로우 엔트리를 업데이트 하여 타겟 후보 AS들로부터 수신할 수 있는 상태로 변경한다. 핸드오버 후 타겟 AS가 정해지면 바로 CS의 DL 플

로우 엔트리를 변경하여 추가적인 packet-in, flow-mod 메시지 없이 이동 노드는 데이터를 송수신할 수 있다. 즉 클래스 3의 선점적 방법은 클래스 2에서와 마찬가지로 방법으로 컨트롤러가 이동노드의 L2 핸드오버를 인지하고 이 때 미리 CS와 타겟 후보 AS들의 플로우 엔트리를 업데이트 함으로써 이동 노드의 AS 2 접속 후 클래스 1의 반응형 방법에서 필요했던 플로우 엔트리 업데이트 지연 시간 없이 바로 데이터를 수신할 수가 있다.



[Fig. 2] QoS-based handover procedure.

3. 기대효과 및 결론

본 논문은 IoT 등 다양한 서비스가 등장하고 그에 따른 다양한 QoS 요구사항이 존재하는 현재 네트워크에서 QoS 특성에 따라 차등적인 핸드오버 방법을 제공할 수 있는 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 시간 지연과 패킷 손실율을 고려하여 SDN 컨트롤러의 제어 하에 동적인 핸드오버 절차를 제안함으로써 플로우가 요구하는 요구사항을 만족시키면서 동시에 자원 활용을 효율적으로 할 수 있는 방법으로써 적용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히 기존 연구들에서 활용되고 있는 단일적인 이동성 지원 방법과 비교하여 필요한 만큼의 자원 활용을 통해 요구되는 QoS를 만족시킬 수 있기 때문에 네트워크 운영자 입장에서 비용 효율적인 이동성 지원 방법으로 고려될 수 있다. 예를 들어 SDN 기반의 PMIPv6[15] 연구의 반응형 기법만을 단일적으로 지원한다면 시간 지연과 패킷 손실에 민감한 서비스의 QoS를 만족시킬 수 없고, SDN기반의 EPC[9,17] 연구에서 X2 또는 S1 인터페이스 기반 이동성 지원 방법만을 단일적으로 지원한다면 QoS 요구사항의 고려 없이 너무 엄격한 QoS 요구사항을 만족시키면서 동일한 핸드오버 절차를 제공하기 때문에 비효율적인 자원 사용의 문제점이 발생한다. 즉 기존 방법들과 비교하여 제안하는 방법을 사용하게 되면 각 서비스의 특성에 맞는 이동성 지원 방법을 제공할 수 있기 때문에 최소한의 자원 활용으로 QoS를 만족시킬 수 있는 장점이 있다. 향후에는 제안하는 방법에 대해 실환경 시나리오를 고려한 시뮬레이션 연구를 진행하여 성능을 입증할 예정이다.

REFERENCES

- [1] D.W.Lee, K.Cho, and S.H.Lee, "Analysis on Smart Factory in IoT Environment," *Journal of The Korea Internet of Things Society*, Vol.5, No.2, pp.1-5, 2019.
- [2] K.B.Jang, "A study on IoT platform for private electrical facilities management," *Journal of The Korea Internet of Things Society*, Vol.5, No.2, pp.103-110, 2019.
- [3] D.G.Kim, H.S.Lee, S.Y.Kim, T.W.Kim, H.W.Lee, "LBS/GPS based Bicycle Safety Application with Arduino", *Journal of The Korea Internet of Things Society*, Vol.2, No.1, pp.7-15, 2016.
- [4] J.Lee, Z.Yan, and I.You, "Enhancing QoS of Mobile Devices by a New Handover Process in PMIPv6 Networks," *Wireless Personal Communications*, Vol.61, pp.591-602, 2011.
- [5] A.Magnano, X.Fei, A.Boukerche, and A.Loureiro, "A Novel Predictive Handover Protocol for Mobile IP in Vehicular Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Networks*, Vol.65, No.10, pp.8476-8495, 2016.
- [6] 3GPP TS 36.300 v.15.8.0 Release 13, LTE: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description: Stage 2, 2020.
- [7] M.Tayyab, X.Gelabert, and R.Jantti, "A Survey on Handover Management: From LTE to NR," *IEEE Access*, Vol.7, pp.118907-118930, 2019.
- [8] V.Yazici, U.C.Kozat, and M.O.Sunay, "A New control Plane for 5G Network Architecture with a Case Study on Unified Handoff, Mobility, and Routing Management," *IEEE Communications Magazine*, Vol.52, No.11, pp.76-85, 2014.
- [9] Y.W.Kyung, T.M.Nguyen, K.W.Hong, J.K.Park, and J.W.Park, "Software Defined Service Migration through Legacy Service Integration into 4G Networks and Future Evolutions," *IEEE Communications Magazine*, Vol.53, No.9, pp.108-114, 2015.
- [10] OpenFlow switch specification 1.5.1, [Online]. Available: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-switch-v1.5.1.pdf>, 2015.
- [11] A.Doria et al., Forwarding and Control Element Separation (ForCES) Protocol Specification. [Online]. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc5810>
- [12] K.Yap, T.Huang, M.Kobayashi, M.Chen, R.Sherwood, G.Parulkar, and N.McKeown, "Lossless Handover with n-casting between WiFi-WiMAX on OpenRoads," in *Proc. ACM MOBICOMM*, Vol.3, pp.40-52, 2009.
- [13] S.Gundavelli, K.Leung, V.Devarapalli, K.Chowdhury, and B.Patil, (2008). Proxy mobile IPv6. IETF RFC5213.
- [14] Y.Wang, J.Bi, and K.Zhang, "Design and Implementation of a Software-Defined Mobility Architecture for IP Networks," *Springer Mobile Networks and Applications*, Vol.20, pp.40-52, 2015.
- [15] S.M.Raza, D.S.Kim, D.Shin, and H.Choo, "Leveraging Proxy Mobile IPv6 with SDN," *Journal of Communications and Networks*, Vol.18, No.3, pp.460-475, 2016.
- [16] Y.W.Kyung, S.H.Park, and J.W.Park, "SDN/NFV-based Scalable Mobile Service Integration for Gradual Network Evolution," *Journal of Communications and Networks*, Vol.19, No.6, pp.569-576, 2017.
- [17] H.Ko, I.S.Jang, J.W.Lee, S.H.Pack, and G.W.Lee, "SDN-based distributed mobility management for 5G," in *Proc. IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pp.116-117, 2017.
- [18] Y.W.Kyung and J.W.Park, "Prioritized admission control with load distribution over multiple controllers for scalable SDN-based mobile networks,"

Springer Wireless Networks, Vol 25, pp.2963-2975, 2019.

- [19] B.K.J.A-Shammari, N.A-Aboody, H.S.A-Raweshidy and B.A-Shammari, "IoT Traffic Management and Integration in the QoS Supported Network," IEEE Internet of Things Journal, Vol.5, No.1, pp.352-370, 2018.

경 연 응(Yeun-Woong Kyung) [종신회원]



- 2011년 2월 : 고려대학교 전기전자전파공학부(공학사)
- 2016년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부(공학박사)
- 2016년 9월 ~ 2020년 3월 : 삼성전자 무선사업부 책임연구원
- 2020년 3월 ~ 현재 : 한신대학교 컴퓨터공학부 교수

<관심분야>

사물인터넷(IoT), SDN, 5G/6G, 이동성, 모바일 서비스

김 태 국(Tae-Kook Kim) [종신회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부(공학사)
- 2006년 8월 : 고려대학교 메카트로닉스학과(공학석사)
- 2014년 8월 : 고려대학교 모바일솔루션학과(공학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 정보통신소프트웨어공학과 교수

<관심분야>

사물인터넷(IoT), 재난안전통신망, 콘텐츠 전송 네트워크