

분산 5G 이동통신 서비스를 위한 네트워크 구조에서 이동성 관리 기술의 성능 분석

선 경 재*, 김 영 한^o

Performance Analysis of Mobility Management in Distributed 5G Network Architecture

Kyoung-jae Sun*, Young-han Kim^o

요 약

5G 이동통신 네트워크는 무선 액세스 네트워크의 조밀성 증가와 가상화 기반의 코어 네트워크의 유연성 향상을 통해 현재의 계층적 네트워크에 비해 비계층적인 네트워크 특성을 가질 것으로 예상되며, 분산 클라우드의 적용을 통해 기존의 계층적인 특성을 가지고 있는 코어 네트워크 기능들이 네트워크 엣지로 분산될 것이다. 이러한 환경에서 기존의 단말의 이동성을 보장하기 위한 IP 이동성 관리 프로토콜은 변화된 네트워크 특성에 맞게 변화되어야 하며, 이를 위해서 분산 이동성 관리 기법이 제안되었다. 본 논문에서는, 5G 네트워크 특성에 부합하는 분산 이동성 관리 기술의 필요성에 대해 설명하고 이를 5G 네트워크에 적용 시 기존의 중앙화 및 계층화된 이동성 관리 기술보다 네트워크 특성에 적합함을 분석을 통해 검증한다. 전송 네트워크 (Transport network)와 비계층적 분산 네트워크 특성을 고려한 두 개의 시나리오를 통한 분석 결과, 분산 이동성 관리 기법이 기존의 이동성 관리 기법에 비해 5G 이동통신망 환경에서 더 적은 비용과 지연시간을 제공할 수 있음을 확인하였다.

Key Words : Distributed Mobility Management(DMM), 5G Core Network, Flat Architecture, Transport Network, Cost Analysis

ABSTRACT

Increasing density of radio access network and flexibility of core network with virtualization technologies, the 5G mobile network architecture is expected flatter than current 4G mobile network. One of key changes of 5G mobile core network is that all core network functions will be split to edge of network and deployed in distributed clouds. In this flat and distributed architecture, the IP mobility management protocol to maintain session of moving device should be changed to provide distributed mobility management. In this paper, we described distributed mobility management technology that conforms to 5G network characteristics and verify that it is more suitable than existing centralized mobility management technology for 5G network. For analysis, we made two scenarios considering transport network and flat network characteristics. Results are given that distributed mobility management scheme can provide less cost and lower handover latency in 5G mobile network environment compared to existing mobility management scheme.

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업(IITP-2018-2017-0-01633) 및 정보통신 연구기반구축사업[12221-14-1001, 차세대 네트워크 컴퓨팅 플랫폼연구 기반구축]의 일환으로 수행하였음.

• First Author : (ORCID:0000-0002-8135-3726)Soongsil Univ. Dep. of Electronic Engineering, gomjae@dcn.ssu.ac.kr, 학생회원

o Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-1066-4818)Soongsil Univ. Dep. of Electronic Engineering, younghak@ssu.ac.kr, 종신회원
논문번호 : 201807-203-B-RN, Received July 6, 2018; Revised September 10, 2018; Accepted October 7, 2018

I. 서 론

차세대 이동통신망 네트워크인 5G 모바일 네트워크는 성능을 획기적으로 개선할 뿐만 아니라, 급증하는 단말과 다양한 서비스의 요구사항을 충족시키기 위한 목표를 가지고 있다. 성능 개선적인 측면에서, 5G 모바일 네트워크는 최대 20Gbps의 데이터 전송 속도와 100Mbps의 사용자 체감 속도, 1ms 미만의 전송 지연시간 등의 성능을 충족시키기 위해 다양한 연구들을 진행하고 있다^[1]. 5G 네트워크에는 기존의 모바일 광대역 네트워크와 함께 스마트홈 또는 스마트팩토리 등의 Massive IoT, 차량 인터넷 등과 같은 다양한 서비스가 제공될 것으로 기대되는데, 이러한 활용 시나리오들은 각 사례에 따라 초저지연, 높은 이동성 지원 등과 같은 요구사항들을 가지며 이를 위해서 5G 네트워크 구조는 높은 성능과 운영상의 효율성 및 새로운 비즈니스에 대한 민첩성을 향상시키기 위해 새로운 기술들을 활용하여 무선 액세스 네트워크뿐만 아니라 코어 네트워크의 구조까지 전체적으로 변화시킬 것으로 예상된다^[2]. 무선 액세스 네트워크에서의 변화는 밀리미터파 기반의 고주파 무선 전송 기술을 통해 넓은 대역폭과 빠른 전송속도를 지원하는 것이 핵심이다. 고주파 기반의 무선 액세스 기술은 성능면에서는 뛰어나지만, 주파수 도달거리가 짧아지고 장애물에 영향을 많이 받기 때문에 femto, pico 등의 소용량 액세스 기지국을 매우 조밀하게 배치하고자 하는 것이 특징이다. 코어 네트워크는 기존의 하드웨어 종속성을 탈피할 수 있는 SDN(Software Defined Networking) 및 NFV(Network Function Virtualization) 기술을 활용한 가상화 기반의 유연한 구조로 진화한다. 특히 제어 기능과 데이터 전달 기능을 분리하는 CP(Control Plane)/UP(User Plane) 분리 구조와 함께 각 코어 네트워크 기능 간의 인터페이스 종속성을 탈피하여 모든 CP 기능들이 유연하게 연결 될 수 있는 서비스 지향 아키텍처의 적용은 기존의 계층적으로 구성되어 중앙에 집중되던 코어 네트워크 내 트래픽을 분산시키고 각 엔티티들의 독립성을 제공함으로써 네트워크 환경에 따라 엔티티 구조를 쉽게 재구성할 수 있다는 장점이 있다.

이동통신망에서의 필수적인 기술 중 하나는 이동성 관리 및 세션 관리 기술로, 기존의 4G 이동통신망에서는 중앙의 단일 앵커를 통해 모든 트래픽이 외부와 교환되고 단말의 이동에 따라 앵커와 액세스 노드 간 터널링을 통해 단말의 트래픽을 전달하는 방식으로 이동성 관리가 이루어졌다. 그러나 앞서 언급한 것과

같이 5G 이동통신망 구조가 분산 클라우드 기반의 네트워크 형태^[3]로 변화됨에 따라 기존의 중앙의 단일 앵커 형태의 이동성 관리 기술 또한 분산 구조에 적합한 분산형 이동성 관리 기술로의 변화가 요구되었다. 분산 이동성 관리 구조는 기존의 중앙의 단일 엔티티 형태의 앵커 기능을 단말의 액세스 근처로 분산 배치함으로써 트래픽의 병목현상을 방지하고, 이동한 곳에서의 단말의 신규 트래픽은 가까운 앵커에서 관리하기 때문에 단말의 이동에 따라 모든 세션에 대해 항상 중앙 앵커와의 경로를 유지해야 하는 기존 기법에 비해 트래픽 경로가 최적화 될 수 있다. 그러나, 분산 이동성 관리 기법에서도 단말의 지속되는 세션에 대해서는 해당 세션의 앵커 노드가 지속적으로 연결성을 관리해야하기 때문에, 단말이 빠르게 이동하거나, 세션의 앵커에서 멀리 이동할수록 효율성이 떨어질 수 있다는 한계도 있다.

본 논문에서는 5G 이동통신망의 특성을 고려하여, 기존의 중앙 집중 형태의 이동성 관리 기술에 대한 분산 이동성 관리 기술의 성능을 비교함으로써 분산 이동성 기법의 한계점에 대한 영향을 분석하고자 하였다. 기존의 중앙 집중 방식의 이동성 관리 기술과 분산 이동성 관리 기술의 성능을 분석한 연구들은 오래 전부터 진행되었으나, 일반적인 분석 방법은 단말 또는 트래픽의 변화에 초점을 맞추어 변수들을 설정하고, 이를 통해 분산 이동성 기법의 효율성을 검증하는 차원에서 진행되었으나 실제 5G 네트워크 구조 변화에 따른 가능한 시나리오를 고려하지 않았다. 본 논문에서는 네트워크의 변화에 초점을 두어 5G의 실제 구현상의 분산 구조 시나리오를 통해 분석 모델을 설정하고, 이에 따라 네트워크 내 분산된 엔티티 간의 거리가 증가하는 경우에도 분산 이동성 관리 기법이 기존 중앙 집중 이동성 관리 기법에 대해 여전히 우수한지에 초점을 맞추어 정량적 분석을 통해 검증하였다. 2장에서는 5G 네트워크의 핵심 변화 구조와 분산 이동성 관리 기술에 대해 설명하고, 3장에서 분석을 위한 모델 설계 및 정량적 분석 과정을 설명한다. 4장에서 분석 결과를 검증한 후에, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 5G 이동통신망을 위한 Flat 네트워크 구조

그림 1은 현재의 4G 이동통신망 구조를 나타낸 것이다. 현재의 4G 이동통신망은 일반적으로 중앙의 코어 네트워크와 단말이 접속하는 무선 액세스 네트워크로 구성된다. LTE 또는 Wi-Fi 액세스를 통해 단말

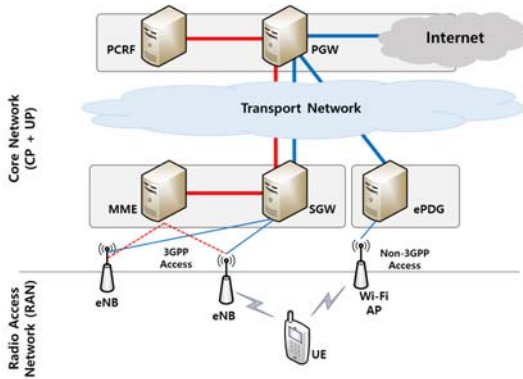


그림 1. 4G 이동통신망 구조
Fig. 1. Network Architecture of 4G Mobile System

인 UE가 무선 액세스 네트워크에 접속하면, 단말의 트래픽은 코어 네트워크 내 SGW(Serving Gateway), PGW(PDN Gateway) 기능들을 거쳐 외부 인터넷으로 전달된다. All-IP 기반의 4G 이동통신망에서 단말의 IP 앵커 지점은 PGW로써, 단말의 모든 트래픽은 PGW를 거쳐 외부로 전달된다. 이를 위해 PGW와 SGW간 GTP또는 PMIP 기반의 터널링을 생성하여 단말의 트래픽을 전달한다. PGW는 4G 이동통신망의 거의 전체를 포함하는 매우 큰 범위를 담당하는 단일 앵커로 구현되고 SGW 및 MME는 액세스 네트워크로부터 들어오는 구간엔 분산되어 있기 때문에, PGW와 SGW간에는 라우터 및 스위치 등으로 구성되는 전송 네트워크(Transport Network)가 존재하게 된다. 이러한 전송 네트워크 구간은 단말의 모든 트래픽이 SGW-PGW구간에 필수적으로 지나가야 하기 때문에 전송 네트워크의 성능이나 거리에 따른 지연 또한 네트워크 트래픽 성능에 영향을 미치게 된다. 이러한 단일 앵커와 계층적 구조에서 발생하는 문제들을 해결하기 위해서 4G 이동통신망의 획일적인 구조를 개선하고, 유연성을 제공하고자 하는 연구들은 5G 구조에 대한 연구 이전에도 지속적으로 표준화 및 논문 등을 통해서도 제안되어 왔다. 3GPP에서 제정된 LIPA(Local IP Access) 또는 SIPTO(Selected IP Traffic Offload)와 같은 표준화 기술들은 단말의 트래픽을 액세스 네트워크에서 바로 외부 인터넷으로 전달할 수 있는 기술로써, 단말 트래픽에 대한 경로 최적화 및 코어 네트워크의 부하를 감소시킬 수 있는 기술이다⁴⁾. 또한 CUPS(Control/User Plane Separation)⁵⁾은 GW 기능들의 제어 평면과 데이터 전달 평면을 분리함으로써 데이터 평면의 확장성과 SGW 및 PGW에 대한 시그널링/데이터 트래픽을 분산시키기 위해

제안되었다. 그러나 이러한 제안들은 기존의 4G 이동통신망 구조에 대한 근본적인 변화가 아닌 일부를 수정하는 방식으로 개선되었기 때문에, 여전히 4G 이동통신망 코어 네트워크 기능의 계층적이고 종속적인 문제들은 해결하지 못하였다.

단말의 급증 및 서비스의 다양성에 따른 유연한 네트워크에 대한 요구사항에 따라 표준화되고 있는 5G 이동통신망 구조는 네트워크 진화를 위한 SDN, NFV 클라우드와 같은 새로운 기술들을 수용하여 이동통신망을 보다 유연하고 동적인 대응이 가능한 형태로 정의하고 있다. 하드웨어 및 물리 자원에 대한 종속성을 탈피한 소프트웨어 기반의 유연한 네트워크 기능 관리는 5G 이동통신 코어망을 기능적으로 세분화하여, 모듈화 될 수 있는 형태의 제어 평면과 단순 데이터 전달을 수행하는 데이터 평면으로 분리함으로써 유연하고 동적인 네트워크 관리 및 트래픽 제어를 가능하게 하였다⁶⁾. 그림 2는 이러한 5G 이동통신망의 비계층적인 분산 네트워크 구조를 그림으로 표현한 것으로써, 4G 네트워크에 비해 더 평면적이고 동적인 네트워크 구성이 가능함을 보여준다. 기존에 SGW 및 PGW등의 제어 기능과 데이터 전달 기능들이 통합된 엔티티들은 AMF(Access and Mobility Function), SMF (Session Management Function) 등의 세분화된 제어 기능과 단순화된 UPF(User Plane Function) 기능으로 분리된다. 코어 네트워크 제어 기능들은 API 형태의 단순화된 인터페이스를 통해 필요에 따라 원하는 기능들을 직접 호출하여 네트워크 제어에 대한 정보를 교환할 수 있기 때문에, 기존의 4G 코어망보다 시그널링 메시지의 처리에 대한 부담이 적고, 네트워크 구조를 유연하게 가져갈 수 있다. NFV 기반의 가상화 플랫폼 기술을 통해 모든 제어 기능들은 범용적인 HW 위에 가상화 SW 형태로 구동할 수 있다.

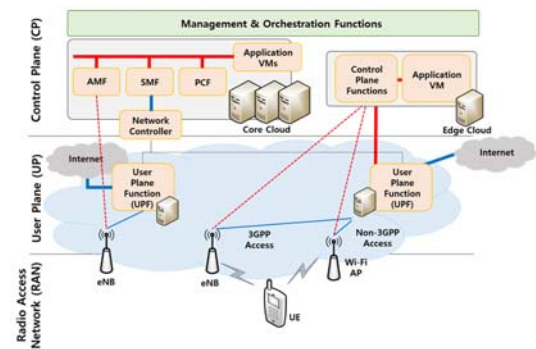


그림 2. 5G 이동통신망의 Flat 네트워크 구조
Fig. 2. Flat Network Architecture of 5G Mobile System

특히 단말이 접속하는 무선 기지국과 가까운 곳에 범용 HW 기반의 소규모 분산 클라우드 내 코어망 제어 기능 일부를 가상화 기능 형태로 구현함으로써 단말의 코어망 접속 거리를 단축시키고, 액세스 네트워크 근처에서 바로 외부 인터넷으로 패킷을 전달할 수 있도록 할 수 있다.

5G 이동통신 서비스를 위한 분산 클라우드 기반의 네트워크 구조 연구는 표준화 외에 여러 연구들에서도 제안되었는데, 각각 독립적으로 운영되는 분산 코어 네트워크와 해당 네트워크에 대응하는 데이터 센터를 제어하는 중앙 제어 형태의 분산 클라우드 구조^[7] 및 5G 모바일 네트워크에서의 요구사항과 성능 목표 및 적용 기술들을 고려한 분산 클라우드 기반의 5G 아키텍처^[8] 등이 있다. 분산 클라우드 기반의 5G 구조는 조밀하게 구성된 L1/L2 기반의 무선 네트워크와 상위 모든 계층 기능을 제공하는 분산 코어 네트워크 클라우드로 구성되며 각 클라우드에서는 SDN/NFV 기반의 코어망 기능의 동적 배치 및 확장을 제공하고 있다. 다른 연구^[9]에서는 단말의 접속에서부터 외부 트래픽 전달까지 모든 기능들을 제공하는 분산 엣지 컨트롤러 및 컨트롤러 상위에 올라가는 CP 기능 배치 구조를 정의하고, 중앙의 전체 네트워크를 관리하는 오케스트레이션 컨트롤러를 통해 동적으로 각 엣지 컨트롤러 내 CP기능을 인스턴스화 하는 과정을 정의하였다. 이러한 연구들은 분산된 코어 네트워크의 엔티티 구성 및 전체적인 네트워크 제어 및 오케스트레이션 기능에는 차이가 있으나, 동일하게 분산된 코어 네트워크를 통해 네트워크 내 트래픽 전달에 대한 효율성을 증가시키는 것을 목적으로 하고 있다.

2.2 5G 이동통신망을 위한 분산이동성 관리기술

모바일 네트워크에서 지원하는 단말의 이동성 관리 는 크게 무선 액세스 네트워크에서 지원하는 이동성 관리 및 코어 네트워크에서 지원하는 이동성 관리의 두 가지로 나눌 수 있다. 무선 네트워크에서 지원하는 이동성은 단말의 무선 접속 세기에 따라 무선 액세스 단에서 제공하는 이동성으로 액세스 네트워크와 단말 간의 주기적인 신호세기를 기반으로 수행된다. 코어 네트워크에서 지원하는 이동성 관리는 단말의 IP 주소를 유지시켜주기 위한 IP 주소의 앵커 기능을 통한 주소 및 세션 유지 기능으로써, 외부에서 단말의 IP 주소를 통해 오는 세션의 도달성 및 세션 지속성을 제공하는 것에 목적이 있다. 본 논문에서 고려하는 이동성은 무선 네트워크에서의 이동성 관리가 아닌 코어 네트워크에서 IP 주소 및 세션의 유지를 위한 이동성

관리 기능이다. 앞서 언급한 것처럼, 4G 이동통신망에서의 이동성 관리는 단말이 하나의 SGW가 관리하고 있는 기지국에서 이동하여 다른 SGW가 관리하는 기지국에 접속하였을 때, 새로 접속한 곳의 SGW가 PGW와 시그널링 교환을 통해 단말 IP 트래픽을 전달하기 위한 터널을 생성하는 과정들을 통해 이루어진다. 중앙의 단일 앵커를 통해 이동성을 지원하는 방식은 GTP 및 PMIP 뿐만 아니라 기존에 IETF에서 제정된 표준화 기술들의 공통적인 특징이다. 그러나, 이러한 중앙 앵커 형태의 이동성 관리 기술은 중앙의 단일 앵커의 장애 문제에 취약하며 경로의 비최적화 및 중앙 앵커로의 트래픽 병목현상 등이 발생한다는 단점이 있다^[10].

기존 중앙 집중 형태의 이동성 관리의 한계점들을 극복하기 위해서, 인터넷 표준화 기관인 IETF에서는 2012년부터 분산 이동성 관리 기술인 DMM (Distributed Mobility Management)에 대한 논의 및 표준화를 진행하고 있다. DMM은 기존의 MIP, PMIP 등에서 앵커역할을 하는 중앙의 단일 엔티티 기능을 네트워크 가장자리의 사용자 가까운 곳에 분산 배치함으로써 사용자의 이동성을 지원함과 동시에 네트워크 자원을 효율적으로 사용하기 위한 이동성 지원 방안으로, 네트워크 내 단말의 주소 프리픽스를 할당하는 앵커는 사용자 가까운 네트워크로 분산 배치된다. 이는 단말의 접속 후 앵커로부터 주소를 받고 이를 외부 트래픽으로 전달하기까지의 거리가 단축됨을 의미하며, 이를 통해 통신 피어와의 패킷 전달 거리가 최적화 될 수 있음을 의미한다. 단말이 각 앵커에 접속하여 할당받은 주소로는 일반적인 라우팅에 의해 세션을 설립할 수 있으며 단말이 이동하여 새로운 네트워크로 접속하는 경우에만 이동성 시그널링이 발생한다. 핸드오버 시에, 단말의 기존 주소의 앵커와 현재 네트워크 앵커간의 터널링을 통해 기존 세션이 종료될 때 까지만 이동성을 지원함으로써 신규 세션에 대한 프로세싱 오버헤드를 줄일 수 있다. 또한 네트워크 전체에 터널링으로 발생하는 네트워크 프로세싱 비용을 감소시킴으로써 네트워크 내 분산 앵커의 부하 문제를 해결할 수 있다.

그림 3은 분산 이동성 관리 구조를 적용한 5G 분산 아키텍처 모델을 보여준다. 그림에서 DMM-GW는 물리적으로는 하나의 엣지 네트워크에 설치된 서버로 표현될 수 있으나, 논리적으로는 제어 평면 기능인 AMF, SMF 등과 데이터 평면 기능인 UPF가 분리되어 구현된다. 그림과 같이, 단말이 5G 이동통신망의 분산 앵커인 DGW 사이를 이동하면, 단말의 기존 주

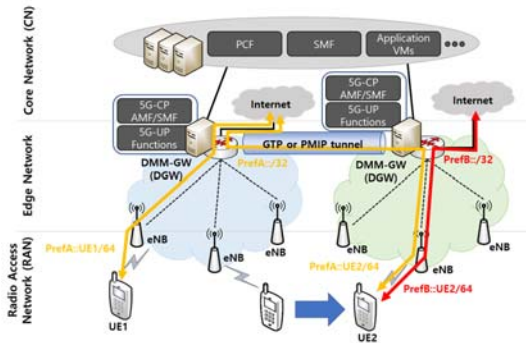


그림 3. 분산 이동성 관리 구조
Fig. 3. Distributed Mobility Management Architecture

소로의 세션은 DGW간의 터널링을 통해 유지되며, 새로 이동한 네트워크에서 신규로 생성되는 세션은 새로운 DGW에서 할당받은 프리픽스를 통해 생성되는 새로운 주소로 설립함으로써 추가적인 터널링 절차 없이 바로 DGW에서 외부 인터넷을 통해 통신이 가능하다. DGW와 인접한 서버에는 5G 이동통신망의 CP 및 UP 기능들이 분산 클라우드 형태로 구현될 수 있으며, 상위의 코어 네트워크에는 전체 네트워크 관리를 위한 가입자 및 정책관련 기능들과 추가적인 기능 제공을 위한 미들웨어 기능 등이 위치할 수 있어 하위 분산 클라우드에 일부 기능들을 동적으로 생성하거나, 필요한 경우에는 트래픽을 코어 네트워크로 전달하게 함으로써 부가 기능들을 지원할 수 있다.

분산 이동성 관리 기법의 성능분석은 다양한 연구들을 통해 이미 진행되었고, 이를 통해 DMM이 기존 중앙 집중형 이동성 관리 기법에 비해 네트워크의 오버헤드를 절감하고 효율적인 트래픽 분산을 수행할 수 있음을 보였다. H.Ahmad^[11]에서는 세션 평균 도달 속도, 셀 반경 및 무선 링크의 실패 확률과 같은 매개 변수에 따라 PMIP과 DMM의 성능에 미치는 영향을 조사하였으며, F. Giust^[12]에서는 네트워크의 크기 및 분산 앵커 간 연결성, 서브셋 체류 시간 등에 따라 PMIP과 DMM 방식의 패킷 전달 비용 및 패킷 손실 등을 분석하였다. S. Wie^[13]에서는 세션 발생률과 단말의 이동 속도 등을 고려한 성능 분석을 진행하였다. 기존의 분석 논문들은 단말 또는 액세스 네트워크의 관점에서 성능 분석을 수행하였는데, 예를 들면 단말 또는 세션의 수, 단말의 이동 패턴, 액세스 네트워크의 무선 반경 등의 변화에 따른 성능을 분석하는데 초점을 맞추어 중앙 집중 이동성 기법과 분산 이동성 기법에서의 앵커와 액세스 노드의 거리를 동일하다고 가정하였다. 그러나 실제 분산 네트워크 환경을 구축

하는 경우, 실제 구현상에서 코어 네트워크와 엣지의 네트워크 엔티티간의 거리는 분산된 앵커간의 거리와 항상 동일할 수 없는데, 이에 따라 지연시간 및 비용의 차이가 존재할 수 있다. 본 논문에서는 분산 네트워크 환경을 실제 이동통신망에 구현 시 예상 가능한 모델을 설계하고 이에 따라 네트워크 관점에서의 파라미터를 고려한 성능 분석을 진행하였다.

III. 분산 이동성 관리 기술의 분석 모델 설계

본 장에서는 앞서 살펴본 분산 이동성 관리 구조의 실제 효율성을 판단하기 위해 기존의 중앙 집중 앵커 방식의 이동성 관리 구조와 비교하여 분석을 도출한다. 분석을 위해서, 두 가지의 분석 시나리오를 설정하고 각 시나리오에서 기존의 중앙 집중형 이동성 관리보다 분산 이동성 관리에서 성능이 향상될 수 있음을 보인다.

3.1 전송 네트워크를 고려한 성능 분석

그림 4는 Transport Network에 의한 성능 차이를 나타내기 위한 기존 중앙 집중형태와 분산 형태의 이동성 지원 시나리오를 나타낸 것이다. 그림의 왼쪽은 중앙 집중 앵커 형태의 기존 방식을 나타낸 것으로, 중앙의 PGW와 SGW 사이의 터널링을 통해 단말의 트래픽을 전달하고, 이동 시에는 새로운 SGW에서 PGW와의 터널링을 통해 단말의 세션을 유지하는 방식이다. 일반적으로 PGW와 SGW 사이에는 전송 네트워크가 존재하는데, PGW는 중앙 앵커로서 매우 큰 영역을 커버하기 때문에 SGW와 PGW 사이에 트래픽을 전달하기 위한 네트워크가 필요하다. 전송 네트워크의 크기가 커질수록, SGW와 PGW 사이의 단말 트래픽의 전달 비용 및 지연시간의 증가가 발생할 수 있다. 그림의 오른쪽은 분산 이동성 관리 기술을 적용 시 단말의 이동에 따른 트래픽 전달 시나리오를 나타낸 것으로, 단말이 초기 접속하여 세션을 생성하면 해당 세션은 단말에 가장 가까운 DGW에서 전송 네트

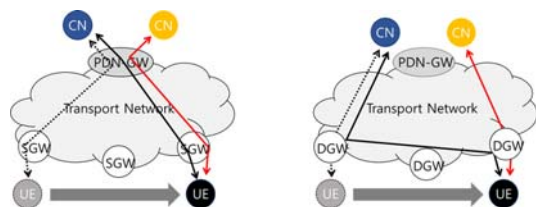


그림 4. 전송 네트워크를 고려한 이동성 시나리오
Fig. 4. Mobility scenario considering transport network

워크를 거치지 않고 바로 외부로 연결된다. 단말이 이동하여 새로운 DGW에 접속하면, 단말의 기존 세션은 세션의 앵커인 DGW와 현재 DGW간의 터널링을 통해 전달되고, 새로운 세션은 신규로 할당받은 주소로 현재 DGW에서 바로 외부로 연결된다. 이러한 분산 이동성 관리 시나리오에서는 이동시에도 전송 네트워크를 거치지 않기 때문에 단말 세션의 트래픽 전달 거리가 감소한다.

위의 시나리오에서, 기존의 방식과 분산 이동성 관리 방식을 비교 분석하기 위해 그림 5과 같은 토폴로지 모델을 설계하였다. 본 토폴로지 모델에서, 이동하는 단말인 UE와 SGW/DGW 간의 거리는 두 이동성 관리 분석 관점에서 동일하다고 가정하여 분석 상에서는 1홉으로 설정하였다. UE가 통신하는 CN (Corresponding Node)은 이동통신망 외부에 위치하고, CN에서 코어망 내 앵커 지점인 PGW/DGW까지의 거리는 동일하다고 가정하였다. PGW와 SGW의 전송 네트워크의 최대 길이는 8홉으로 산정하고 SGW/DGW간의 거리는 1홉으로 산정하였는데, 이는 분산 이동성 관리 구조에서는 DGW간에 이동 시 홉 수가 지속적으로 증가하기 때문에 홉 수의 증가에 따른 중앙 집중 방식과의 비용 격차를 확인하기 위함이다. SGW/DGW와 MN간의 링크는 무선 링크의 특성을 따르며, 나머지 모든 링크는 유선 링크의 특성을 따른다.

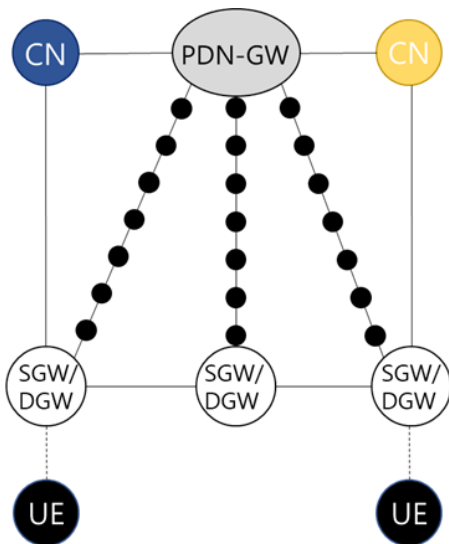


그림 5. 전송 네트워크를 고려한 이동성 시나리오의 토폴로지 모델
 Fig. 5. Topology model for mobility scenario considering transport network

정량적 분석을 위해서, C. Mayaka^[14]에서 제시한 비용 분석 및 핸드오버 시 지연시간에 대한 분석 모델을 해당 토폴로지 모델에 맞게 수정하였다. 이동성 관리를 위한 통합 비용은 바인딩 업데이트 비용 BUC와 패킷 전달 비용 PDC의 합으로 표현된다.

$$C_T = BUC + PUC \quad (1)$$

바인딩 업데이트 비용인 BUC는 세션의 이동성 비율인 SMR(Session to Mobility Ratio) 값과 도메인 내의 SGW/DGW의 수, 그리고 시그널링 메시지 전달을 위한 전달 비용(Transmission Cost) TC_{scheme} 와 특정 네트워크 엔티티의 프로세싱 비용(Processing Cost) PC_{node} 를 합산한 C_{scheme} 로 표현된다. 이를 표현한 수식은 다음과 같다.

$$BUC = \frac{1}{SMR\sqrt{M}} C_x \quad (2)$$

$$C_{scheme} = (TC_{UE,node1} + \dots + TC_{nodei,CN}) + PC_{SGW/PGW/DGW} \quad (3)$$

패킷 전달 비용인 C_{PD} 는 단말의 초기 접속 또는 핸드오버에 의한 바인딩 업데이트 이후에 데이터 패킷을 전달하기 위해 필요한 네트워크 비용을 정량적으로 나타낸 것으로써, 데이터 패킷에 대한 전달 홉수에 따르는 링크 전달 비용 및 단말 접속 후 IP 주소 할당 등에 소요되는 시간을 가지고 산정한다. DMM에서는 이동 후 신규로 할당된 IP 주소를 통해 설립되는 세션과 기존 세션에 대한 전달 비용에 차이가 발생하므로, 본 분석에서는 각 세션을 구분하여 각각의 패킷 전달 비용의 합을 계산하도록 수식을 적용하였다. 이동전에 생성된 세션은 X로, 이동 후 생성된 신규 세션은 Y로 표기하였다.

$$PDC = X\lambda_p C_{cn}^{f,x}(t_U) + Y\lambda_p C_{cn}^{f,y}(t_U) \quad (4)$$

$C_{cn}^{f,x}$ 는 패킷의 전달 홉수에 따른 비용 산출을 위한 함수로써, 데이터 패킷의 크기 S_d 와 시그널링 패킷의 크기 S_s , 그리고 각 패킷이 전달되는 네트워크 엔티티간의 비용을 통해 산정된다.

$$C_{an}^{f,x} = \eta(C_{UE,node1} + \dots + C_{node i, CN})$$

$$= \frac{s_d}{s_c}(C_{UE,node1} + \dots + C_{node i, CN}) \quad (5)$$

핸드오버 지연시간 D_{scheme} 는 단말의 이동에 따르는 접속으로부터 첫 데이터 패킷이 도착할 때까지의 지연시간으로 정의된다. 핸드오버 지연시간은 각 엔티티에서의 패킷 처리를 위한 프로세싱 지연시간과 링크 특성에 따른 전달 지연시간의 합으로 정의된다. 전달 지연시간 $t_{x,y}(s)$ 는 특정 링크에서 특정 크기의 패킷을 전달하기 위해 걸리는 시간을 의미한다. 무선 구간 간의 지연시간은 링크 장애율 q 와 무선 링크에서의 대역폭 B_w 및 링크 전파 지연 시간 L_w 의 영향을 받으며, 유선구간에서는 대역폭 B_w 와 전파 지연 시간 L_w 외에 추가적으로 유선 연결된 엔티티간의 거리 $d_{x,y}$ 와 각 엔티티에서의 대기열 지연시간의 영향을 받는다. x 와 y 간의 지연시간은 다음과 같이 정의된다.

$$t_{x,y}(s) = \frac{1+q}{1-q} \left(\frac{s}{B_w} + L_w \right)$$

$$+ (d_{x,y} - 1) \left(\frac{s}{B_w} + L_w + \varpi_q \right) \quad (6)$$

표 1은 분석에 사용되는 수식에 대한 표기법을 나타낸 것이다.

그림 5에서 정의한 토폴로지에 따라, 기존의 중앙 집중 방식 및 DMM 방식의 이동성 프로토콜 적용에 대한 수식은 다음과 같다. 중앙 집중 방식의 이동성 관리 프로토콜은 PMIP 프로토콜 절차를 기준으로 분석하였으며, CMM(Centralized Mobility Management)으로 명명하였다. DMM에서, DGW간의 전달 비용에 추가적으로 사용되는 값 α 는 분산 앵커 간 이

표 1. 분석을 위한 수식 표기법
Table 1. Notation

Symbol	Description
C_T	Total cost for mobility management
C_{scheme}	Binding Cost for mobility scheme (CMM, DMM)
$TC_{x,y}$	Transmission cost of control packets between x and y
PC_{node}	Processing cost of control packets at node
t_U	IP connection latency
$d_{x,y}$	Number of hops between x and y

동하는 홉 수로써, 기존의 중앙 집중 방식의 이동성 관리 구조에서는 모든 SGW에서 PGW간의 거리가 동일한 것으로 간주되나 DMM에서는 유동적으로 변화할 수 있으므로 분산 앵커간의 거리 증가에 따른 비용의 변화를 중점적으로 알아보기 위해서 수식에 반영하였다. 바인딩 업데이트 비용 산정을 위한 각 이동성 프로토콜에서의 C_x 값은 식 (7), (8)과 같다. CMM에서는 중앙 앵커인 PGW와 SGW간에 항상 동일한 거리를 가지고 있다고 간주하지만, DMM인 경우에는 단말이 이동함에 따라 DGW간의 거리가 홉 수만큼 증가하게 된다.

$$C_{CMM} = 2TC_{UE,SGW} + 2TC_{SGW,PGW} + PC_{PGW} + 2PC_{SGW} \quad (7)$$

$$C_{DMM} = 2TC_{UE,DGW} + 2\alpha TC_{DGW,DGW} + 2PC_{DGW} \quad (8)$$

식 (9) 및 (10)은 CMM 및 DMM 방식에서의 패킷 전달 비용을 수식으로 나타낸 것이다. CMM에서는 핸드오버 이후에도 모든 세션이 동일한 경로를 통해 전달되기 때문에, 기존 세션 수인 X 와 신규 세션 수인 Y 의 패킷 전달 경로와 이에 따르는 비용이 동일하게 계산된다.

$$PDC_{CMM} = X\lambda_p C_{an}^{f,2}(t_{IP} + t_U) + Y\lambda_p C_{an}^{f,2}(t_{IP} + t_U)$$

$$= (X + Y)\lambda_p \eta(C_{UE,SGW} + C_{SGW,PGW} + PC_{PGW} + PC_{SGW}) \quad (9)$$

DMM에서는 핸드오버 후 새로 설립되는 세션은 추가적인 프로세싱 비용 없이 일반 라우팅에 의해 현재의 DGW를 통해 전달되고, 기존 세션 수 X 에 대한 패킷 전달 비용은 DGW간의 이동에 따른 홉 수 증가에 영향을 받게 된다.

$$PDC_{DMM} = X\lambda_p C_{an}^{f,x}(t_{IP} + t_U) + Y\lambda_p C_{an}^{f,1}(t_{IP} + t_U)$$

$$= X\lambda_p \eta(C_{UE,DGW} + \alpha C_{DGW,DGW} + PC_{DGW}) + Y\lambda_p \eta(C_{UE-DGW}) \quad (10)$$

식 (11)과 (12)은 각 이동성 관리 기술에 대한 핸드오버 지연시간을 수식으로 나타낸 것이다. 핸드오버 지연시간은 CMM인 경우에는 SGW와 PGW간의 거리에 영향을 받으나, DMM인 경우에는 DGW간 거리의 영향을 받는다.

$$\begin{aligned}
 D_{CMM} &= t_{SGW,PGW} + t_{SGW,UE} \\
 &= (d_{SGW,PGW} - 1) \left(\frac{s}{B_w} + L_w + \varpi_q \right) \\
 &\quad + \frac{1+q}{1-q} \left(\frac{s}{B_{wl}} + L_{wl} \right) \quad (11)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{DMM} &= t_{DGW,DGW} + t_{DGW,UE} \\
 &= (d_{DGW,DGW} - 1) \left(\frac{s}{B_w} + L_w + \varpi_q \right) \\
 &\quad + \frac{1+q}{1-q} \left(\frac{s}{B_{wl}} + L_{wl} \right) \quad (12)
 \end{aligned}$$

3.2 비계층 분산네트워크 특성을 고려한 성능분석

그림 6은 비계층적 분산 네트워크 특성을 고려한 분석 토폴로지 시나리오를 나타낸 것이다. 비계층적으로 분산된 네트워크는 중앙 집중 방식이 아닌 분산 방식의 구조를 가정하고 있으므로 중앙 집중 방식의 이동성 관리 환경을 애초에 고려하고 있지 않지만, 분산 이동성 관리 기술의 효율성 검증에 위해 비계층화된 네트워크 구조에서 기존의 중앙 집중 방식의 이동성 관리를 사용하는 경우를 가정하였다. 그림의 왼쪽은 중앙 집중 방식의 이동성 프로토콜을 사용하는 경우, 단말의 이동 시 이동성 수행과정을 나타낸 것이다. 단말이 이동하면, 단말의 기존 세션은 다른 CGW (Combined GW: 중앙 집중형 앵커 기능을 수행하는 PGW+SGW 기능 엔티티라고 가정)를 거쳐가면서 지속적으로 초기 접속한 CGW로의 터널링을 수행해야 하며, 이는 이동하면서 생성되는 신규 세션에 대해서도 동일한 경로를 가지게 된다. 따라서, 이러한 방식은 단말이 초기 접속한 앵커 CGW에서 멀어질수록 세션에 대한 라우팅이 최적화되지 않는 단점을 가진다. 그림의 오른쪽은 분산 이동성 관리 기법이 적용된 분산 네트워크 구조에서의 이동성 지원 시나리오를 나타낸 것이다. 그림에서, 단말이 초기 접속된 DGW에서 생성된 세션은 단말이 이동하여 다른 DGW로 접속하였을 때에 기존의 중앙 집중형 방식과 동일하게 터널링을 통해서 전달된다. 그러나 이동 후 신규로

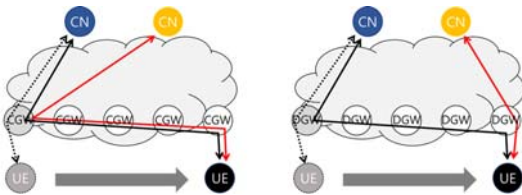


그림 6. 비계층적 분산 네트워크 아키텍처를 고려한 이동성 시나리오
Fig. 6. Mobility scenario considering flat network architecture

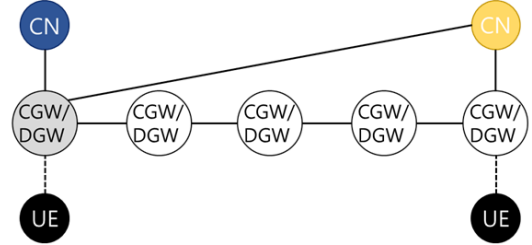


그림 7. 분산 위크 아키텍처를 고려한 이동성 시나리오의 토폴로지 모델
Fig. 7. Topology model for mobility scenario considering flat network architecture

발생하는 세션에 대해서는 현재 접속된 DGW에서 할 당받은 새로운 주소로 세션을 설립하기 때문에 신규 세션에 대한 라우팅 경로는 최적화된다. 이는 이동에 따라 단말로의 경로가 신규 세션에 대해서는 지속적으로 최적화 될 수 있기 때문에 중앙 집중방식에 비해 효율적일 것으로 예상된다. 분석을 위해서, UE와 CGW/DGW간의 거리는 동일하다고 가정하며, UE가 통신하는 CN은 DGW/CGW까지 거리가 동일하다고 가정한다. 분석을 위한 토폴로지는 그림 7과 같이 설계하였다.

분석을 위한 정량적 수식 모델은 앞서 전송 네트워크 분석을 위해 참조했던 수식을 따른다. 바인딩 업데이트 비용 산정을 위한 각 이동성 프로토콜에서의 C_{scheme} 값은 식 (13) 및 (14)와 같다. 두 기법 모두, 바인딩 업데이트 비용은 분산된 CGW/ DGW간 거리에 영향을 받는다.

$$C_{CMM} = 2TC_{UE,CGW} + 2\alpha TC_{CGW,CGW} + 2PC_{CGW} \quad (13)$$

$$C_{DMM} = 2TC_{UE,DGW} + 2\alpha TC_{DGW,DGW} + 2PC_{DGW} \quad (14)$$

두 기법의 패킷 전달 비용은 식 (15) 및 (16)와 같다. 앞에서의 시나리오에서와 동일하게, CMM에서는 모든 세션에 대한 패킷 전달이 처음 단말이 접속한 CGW를 통해서 전달되지만, DMM에서는 핸드오버 이후의 설립되는 세션에 대한 패킷 전달 비용은 기존 세션과 동일하지 않고 각 세션에 대한 패킷 전달 비용이 다르게 나타난다.

$$\begin{aligned}
 PDC_{CMM} &= (X + Y)\lambda_p C_{cn}^{f,x}(t_{IP} + t_U) \\
 &= (X + Y)\lambda_p \eta (C_{UE,CGW} \\
 &\quad + \alpha C_{CGW,CGW} + 2PC_{CGW}) \quad (15)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PDC_{DMM} &= X\lambda_p C_{cn}^{f,x}(t_{IP}+t_U) \\
 &\quad + Y\lambda_p C_{cn}^{f,1}(t_{IP}+t_U) \\
 &= X\lambda_p \eta (C_{UE,DGW} + \alpha C_{DGW,DGW} \\
 &\quad + 2PC_{DGW}) + Y\lambda_p \eta (C_{UE-DGW})
 \end{aligned} \tag{16}$$

핸드오버 지연시간에 대한 각 이동성 기술에 대한 수식은 (17) 및 (18)과 같이 표현된다. 핸드오버 지연 시간에 관여하는 세션은 CMM인 경우 기존 세션과 신규 세션 모두에 해당되며, DMM인 경우에는 기존 세션에 대해서만 핸드오버 지연시간이 발생하게 된다.

$$\begin{aligned}
 D_{CMM} &= (X+Y)\{(t_{CGW,CGW})+(t_{CGW,UE})\} \\
 &= (X+Y)(d_{CGW,CGW}-1) \\
 &\quad \left\{ \left(\frac{s}{B_w} + L_w + \varpi_q \right) + \frac{1+q}{1-q} \left(\frac{s}{B_{wl}} + L_{wl} \right) \right\}
 \end{aligned} \tag{17}$$

$$\begin{aligned}
 D_{DMM} &= X\{(t_{DGW,DGW})+(t_{DGW,UE})\} \\
 &= X(d_{DGW,DGW}-1) \\
 &\quad \left\{ \left(\frac{s}{B_w} + L_w + \varpi_q \right) + \frac{1+q}{1-q} \left(\frac{s}{B_{wl}} + L_{wl} \right) \right\}
 \end{aligned} \tag{18}$$

IV. 정량적 분석 결과

앞서 수립한 수식에 따라, 각 시나리오에 따른 바인딩 업데이트 비용 및 패킷 전달 비용, 핸드오버 지연 시간을 계산하였다. 표 2는 각 변수에 대한 설명 및 분석을 위한 기본 값을 나타낸 것이다. 표에 표시되지 않은 값들은 C.Mayaka^[14]에서 설정한 기본값을 따라 진행하였다.

4.1 전송 네트워크를 고려한 성능분석 결과

전송 네트워크를 통한 경로 전달 거리 증가를 고려한 분석은 PGW와 SGW간의 홉 수가 동일한 기존의 CMM 방식에서, 분산 이동성 시나리오에서는 유동적으로 변화할 수 있으므로 분산 앵커간의 거리의 증가에 따라 성능이 얼마나 차이가 나는지를 중점적으로 분석하였다. 그림 8의 (A)는 SGW/DGW간의 거리가 증가함에 따른 바인딩 업데이트 비용의 분석 결과를 그래프로 나타낸 것으로, 식 (7), (8)에서 홉 수 변화에 따른 추이를 나타낸 것이다. 그림에서, CMM은 PGW와 SGW간의 거리가 언제나 동일하기 때문에 SGW간의 거리가 증가하더라도 바인딩 업데이트 비용에 대해서는 동일한 값을 가진다. DMM의 경우에는 DGW간의 홉 수가 증가할수록 선형적으로 비용이 증가하며, 전송 네트워크로 인한 SGW-PGW간의 홉 수

표 2. 분석을 위한 파라미터의 기본 값
Table 2. Value of parameters used for analysis

Symbol	Description	Value
M	Number of subnets in PGW/DGW	1
λ_p	Packet arrival rate	10 packets/s
s_d	Data packet size	200 bytes
s_c	Control packet size	96 bytes
q	Wireless link failure probability	0.50
B_{wl}	Wireless link bandwidth	11Mbps
L_{wl}	Wireless link propagation delay	10 ms
B_w	Wired link bandwidth	100 Mbps
L_w	Wired link propagation delay	2 ms
ϖ_q	Average queuing delay at each entity	1 ms
PC_{PGW}	Processing cost of PGW	12
PC_{SGW}	Processing cost of SGW	6
$PC_{CGW/DGW}$	Processing cost of CGW/DGW	12
X	Number of session before handover	1
Y	Number of session after handover	1

보다 큰 거리를 가지는 경우에는 CMM보다 더 많은 비용이 소모되는 것으로 나타났다. 분석의 결과를 통해 분산 앵커를 조밀하게 배치할수록 바인딩 업데이트에 대한 성능이 기존 방식에 비해 개선될 수 있음을 보였다. 그림 8의 (B)는 SGW/DGW간의 거리가 증가함에 따른 패킷 전달 비용에 대한 분석 결과를 그래프로 나타낸 것으로, 식 (9), (10)에서 홉 수 증가에 따른 변화 추이를 나타내었다. 그래프 상에서 DMM이 훨씬 적은 비용으로 이동에 따른 단말의 패킷을 전달할 수 있음을 보여주는데, 이는 SGW-PGW 사이의 Transport 네트워크의 홉 수에 따른 영향도 있으나 DGW간의 홉 수가 전송 네트워크의 홉 수보다 증가하는 경우에도 낮은 비용을 가지는 것으로 나타났다. 이는 새로운 신규 세션에 대한 패킷 전달 비용이 거의 들지 않고, 이동전에 생성된 기존 세션에 대해서만 터널링을 통해 전달하는 DMM의 특성으로 인한 결과이다.

그림 9는 SGW/DGW간의 거리 증가에 따른 핸드

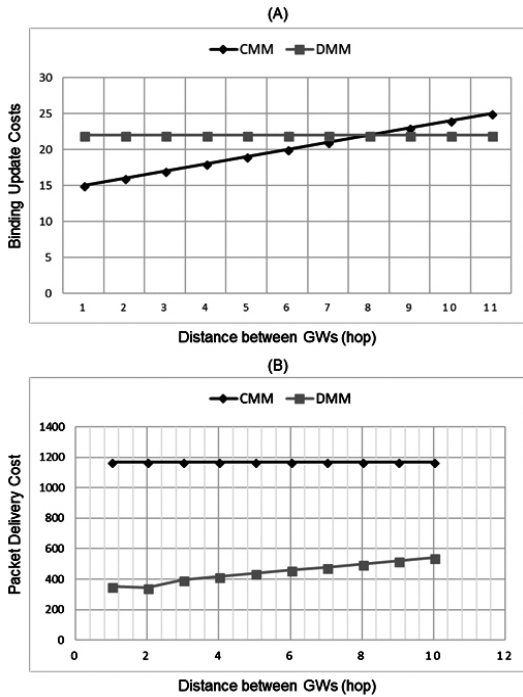


그림 8. 전송네트워크를 고려한 모델에서의 비용분석 결과
Fig. 8. Results of cost analysis for transport network model

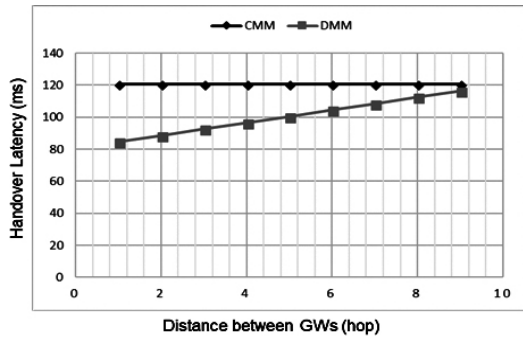


그림 9. 핸드오버 지연시간 분석 결과
Fig. 9. Result of handover latency analysis

오버 지연시간의 분석 결과로, 식 (11)과 (12)에서의 홉 수 증가에 따른 변화 추이를 나타낸 것이다. DMM에서는 DGW간 홉 수가 증가함에 따라 지연시간이 선형적으로 증가하는 것을 보이며, CMM은 모든 SGW에서 PGW까지의 거리가 동일하다고 가정하였기 때문에 비용 및 지연시간 면에서 동일하게 나타났다. DMM에서 DGW간 거리의 증가에 따라 핸드오버 지연시간이 선형적으로 증가한다고 하더라도, SGW-PGW간의 거리와 동일 홉 수인 경우에서 DMM이 적

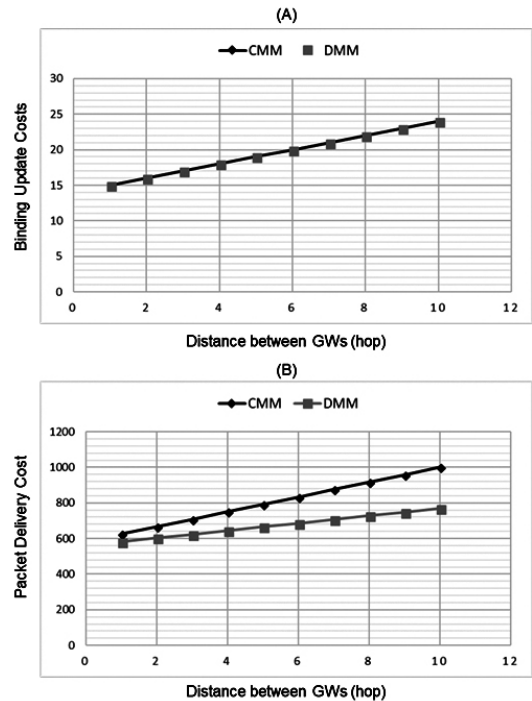


그림 10. 분산 네트워크 특성을 고려한 모델에서의 비용 분석 결과
Fig. 10. Results of cost analysis for flat network model

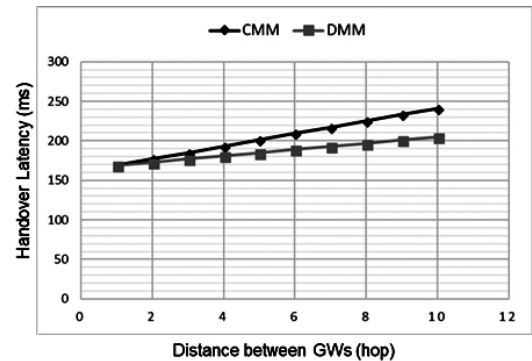


그림 11. 핸드오버 지연시간 분석 결과
Fig. 11. Result of handover latency analysis

은 지연시간을 보였다.

4.2 Flat 네트워크 특성을 고려한 성능분석 결과

그림 11은 CGW/DGW간의 거리가 증가함에 따른 핸드오버 지연시간의 분석 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 식 (17)과 (18)에서 홉 수를 증가함에 따라 앞서 패킷 전달 비용에 대한 결과와 동일한 이유로 DMM에서의 핸드오버 지연시간은 CMM 방식에 비해 감소하였으며, 거리에 증가에 따라 핸드오버 지연

시간의 차이는 커짐을 보였다.

전송네트워크를 고려한 분석에서는 CMM 방식에서 PGW-SGW간 거리가 동일하기 때문에 분석 결과에서 동일한 수치를 나타내었다면, 분산 네트워크 환경에서는 CMM과 DMM 모두 기존 앵커와 이동 후 접속지점과의 거리가 증가함에 따른 네트워크 비용 및 지연시간의 차이를 분석하였다. 그림 10의 (A)는 CGW/DGW간의 거리가 증가함에 따른 바인딩 업데이트 비용의 분석 결과를 그래프로 나타낸 것으로, 식 (13)과 (14)에서 홉 수 증가에 따른 변화를 기록하였다. 두 기법 모두 기존 세션의 유지를 위해 단말이 초기 접속한 앵커 지점에 바인딩 업데이트를 수행해야 하기 때문에 홉 수 증가에 따라 동일한 값으로 선형 증가함을 보였다. 그림 10의 (B)는 패킷 전달 비용의 분석 결과를 그래프로 나타낸 것으로, 식 (15)와 (16)에서 두 기법 모두 거리의 증가에 따라 선형적으로 패킷 전달 비용이 증가하나 DMM 방식에서 더 낮은 패킷 전달 비용이 발생되었다. 이는 새로운 세션에 대해서는 터널링 기반의 기존 앵커를 통한 전달이 아닌 신규 앵커를 통해 직접 전달함으로써 경로에 대한 최적화가 이루어지기 때문으로 CGW/DGW간의 거리가 증가할수록 비용 차이가 커짐을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 5G에서의 이동통신망 변화 양상에 따라, 분산형 이동성 관리 기술의 필요성을 기술하고 변화하는 5G 이동통신망 배치 시나리오에 따른 분산 이동성 관리 기술과 기존의 중앙 집중형 이동성 관리 기술의 성능을 분석하였다. 5G 이동통신망은 고주파 대역의 무선 액세스 네트워크로 인한 조밀한 네트워크 구성과 함께, 가상화 및 분산 네트워크를 고려한 코어 네트워크 구조가 될 것으로 예상되며, 이에 따라 기존의 중앙의 데이터 센터에 구축되는 방식의 코어 기능들은 네트워크 엣지로 분산 배치되어 사용자 단말의 가까운 곳에서 저지연 서비스 및 사용자 경험향상을 지원할 것으로 기대된다. 이에 따라 이동하는 단말에 대한 이동성 관리 기술은 기존의 중앙 앵커 형태가 아닌 다중 앵커들이 네트워크 엣지에 분산되는 분산 이동성 관리가 필요하며, 이는 단말 트래픽의 경로 최적화 및 전송 네트워크에서의 패킷 전달에 소요되는 비용과 시간을 절감할 수 있다. 분석을 통해, 설계한 두 가지의 시나리오 구조에서 분산 이동성 관리 기법이 기존의 중앙 집중 형태의 이동성 관리 기법에 비해 우수함을 보였다. 분산 이동성 관리 기법의 성능

분석은 분산된 앵커간의 거리에 따라 기존의 이동성 관리 기법에 비해 비용과 지연시간에서 얼마나 차이가 나는지를 중점적으로 수행하였으며, 그 결과 대부분의 항목에서 분산 이동성 관리 기법이 두 분산 앵커간의 거리가 기존 SGW-PGW간의 거리보다 증가하는 경우라도 경로 최적화와 이에 따른 세션 처리의 분산을 통해 성능이 개선될 수 있음을 확인하였다. 다만, 본 논문에서는 제한적인 시나리오 및 환경을 고려하여 이를 수학적 분석을 통해 제시한 것으로, 추후 실증 환경에서의 시뮬레이션을 통한 시험 및 다양한 환경과 변수를 고려한 구체적 분석이 필요할 것이며 이는 추후에 지속적인 연구 과제로써 진행해야 할 것이다.

References

- [1] M. Series, *IMT vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*, Recommendation ITU-R M.2083-0, Sep. 2015.
- [2] NGMN Alliance, *5G white paper*, Next generation mobile networks white paper, Feb. 2015.
- [3] Y. C. Hu, M. Patel, D. Sabella, N. Sprecher, and V. Young, *Mobile edge computing – A key technology towards 5G*, ETSI White Paper, no. 11, Sep. 2015.
- [4] 3GPP, *General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access*, TS 23.401. Sep. 2011.
- [5] 3GPP, *Architecture enhancement for control and use plane separation for EPC nodes*, TS 23.214, Mar. 2018.
- [6] 3GPP, *Technical Specification Group Services and Systems Aspects; System Architecture for the 5G system; Stage 2*, TS 23.501, Mar. 2018.
- [7] T. Taleb and A. Ksentini, "Follow me cloud: Interworking federated clouds and distributed mobile networks" *IEEE Network*, vol. 27, no. 5, pp. 12-19, Oct. 2013.
- [8] P. K. Agyapong, M. Iwamura, D. Staehle, W. Kiess, and A. Benjebbour, "Design considerations for a 5G network architecture," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 11, pp.

65-75, Nov. 2014.

- [9] R. Trivisonno, R. Guerzonio, I. Vaishnavi, and D. Soldani, "SDN based 5G mobile networks: architecture, functions, procedures and backward compatibility," *Trans. Emerging Telecommun. Technol.*, vol. 26, no. 1, pp. 82-92, Jan. 2015.
- [10] C. J. Bernardos, J. C. Zúñiga, and A. Reznik. "Towards flat and distributed mobility management: A 3GPP evolved network design," in *Proc. IEEE ICC*, pp. 6855-6861, Ottawa, Canada, Jun. 2012.
- [11] H. Ali-Ahmad, M. Ouzzif, P. Bertin, and X. Lagrange, "Performance analysis on network-based distributed mobility management," *Wireless Pers. Commun.*, vol. 74, no. 4, pp. 1245-1263, Feb. 2014.
- [12] F. Giust, C. J. Bernardos, and A. de la Oliva, "Analytic evaluation and experimental validation of a network-based IPv6 distributed mobility management solution," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 13, no. 11, pp. 2484-2497, Nov. 2014.
- [13] S. Wie and J. Jang, "Performance evaluation of hybrid distributed mobility management," *J. KIICE*, vol. 21, no. 10, pp. 1862-1872, Oct. 2010.
- [14] C. Mayaka and S. Pierre, "An analytical framework for performance evaluation of IPv6-Based mobility management protocols," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 7, no. 3, pp. 972-983, Mar. 2008.

선 경 재 (Kyoung-jae Sun)



2013년 2월 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사
2013년 3월~현재 : 숭실대학교 정보통신소재융합학과 석박통합과정
<관심분야> 모바일 네트워크, 이동성 관리 기술, SDN/NFV

김 영 한 (Young-han Kim)



1986년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 석사
1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 박사
1994년~현재 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수

<관심분야> 모바일 네트워크, 이동성 관리 기술, SDN/NFV, 센서 네트워크