

# 모바일 증강현실 서비스 구현을 위한 5G 무선 액세스 네트워크 구조<sup>☆</sup>

## 5G Radio Access Network Architecture for Mobile Augmented Reality Service

조 형 준<sup>1</sup>      정 중 문<sup>1\*</sup>  
Hyoungjun Cho    Jong-Moon Chung

### 요 약

본 논문에서는 5G 네트워크를 활용하여 모바일 증강현실을 구현하기 위한 조건들을 제시한다. 이를 위하여 모바일 증강현실 서비스 개요와 요구 성능, 그리고 5G 네트워크의 현재 상황과 성능, 구조 등에 대해 소개하고, 모바일 증강현실 서비스 구현을 위한 5G 액세스 네트워크 추가 엔티티 및 기능들을 제안한다. 실제 디바이스와 네트워크 파라미터들을 활용하여 기존의 LTE 시스템과 제안된 5G 모바일 증강현실 시스템에서의 서비스 지연 시간을 분석한다.

☞ 주제어 : 증강현실, 5G네트워크, 무선 액세스 네트워크

### ABSTRACT

In this paper, the analysis of mobile augmented reality service using 5G network are provided. First of all, the introduction and required performance of mobile augmented reality(MAR) service are provided. After that, 5G network key features, target performance, and network architecture are analyzed. At the end, the additional network entity and functions for the realization of mobile augmented reality service are proposed. The mobile augmented reality service time. At the end, the service delay in existing LTE system and proposed 5G MAR system by using real device and network parameters.

☞ keyword : Augmented Reality, 5G network, Radio Access Network

## 1. 서 론

증강현실(AR: Augmented Reality)은 현실과 유사한 가상의 이미지를 사용자에게 보여주는 기술로, 실제 이미지에 가상의 영상 이미지를 합성하여 사용자에게 제공하는 기술이다. 머리 착용 디스플레이(HMD: Head Mounted Display) 등의 증강 현실 구현 하드웨어를 활용하여 실제 이미지에 가상 이미지를 결합한 고품질 멀티미디어 서비스를 제공 할 수 있어 차세대 핵심 서비스로 손꼽힌다. 실제 영상과 결합된 고화질, 고음질 멀티미디어 서비스 외에도 스마트 카, 재난 대응, 영상통화, 게임 등에 증강현

실 서비스를 이용하여 기존 디스플레이 기반의 멀티미디어 서비스 대비 부가가치가 높은 서비스를 제공 할 수 있다.

증강 현실은 디스플레이, 영상 처리, 데이터 분석, 영상 합성 등의 요소 기술들이 연계되어야 하며 이를 위해서 고성능 컴퓨팅 능력을 가진 프로세싱 유닛, 고화질 카메라, 안정적이고 높은 데이터 전송률을 가진 네트워크 등을 동시에 갖추어야 한다. 따라서 고성능 컴퓨팅 성능을 가진 거치형 대형 서버와 유선 통신망을 활용할 수 있는 제한적인 환경을 갖춘 상황에서만 증강현실 서비스는 제공 될 수 있었다. 그런데 휴대용 스마트폰, 태블릿 등의 모바일 디바이스(UE: User Equipment) 컴퓨팅 능력 향상, 내장 카메라의 화소 수 증가로 인한 인식을 향상 등의 성능 향상에 의해 모바일 디바이스에서 증강현실 서비스 (MAR: Mobile Augmented Reality) 구현이 가능해졌다. 모바일 증강현실 서비스는 유선 증강현실 서비스의 치명적인 약점이었던 공간 제약성을 개선시켜 이용자의 장소, 상황 맞춤형 정보를 제공할 수 있으며 HMD, 스마트카 등의 다양한 형태의 디바이스와 연계하여 기존에 불가능하

<sup>1</sup> School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea.

\* Corresponding author (jmc@yonsei.ac.kr)

[Received 7 July 2017, Reviewed 12 July 2017, Accepted 18 July 2017]

☆ 본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MPSS-재난-2015-10]

였던 서비스를 제공하고 고부가가치를 발생시킬 수 있으므로 세계 유수의 기업들에서 서비스를 제공하고 있다. 하지만 LTE, Wi-Fi 와 같은 기존 무선 네트워크 프로토콜의 성능은 고화질 멀티미디어를 포함하는 증강현실 서비스를 위한 조건을 만족시키지 못하기 때문에 텍스트 혹은 간단한 정지 이미지를 제공하는 기초적인 서비스 수준에 그치고 있다.

5G 네트워크는 LTE 대비 20배 높은 전송 속도, 1/10 지연 시간 등 대폭 향상된 성능을 목표로 하여 개발 및 표준화 단계에 있으며 2020년 상용화를 목표로 하고 있다. 기존의 LTE, Wi-Fi 등의 무선 네트워크 대비 향상된 성능은 휴대용 스마트 디바이스를 활용한 무선 증강현실 서비스 구현을 가능케 할 것이다. 하지만 향상된 무선 액세스 기법만으로는 사용자의 디바이스를 활용한 실시간 모바일 증강현실 서비스 구현을 위한 요구조건을 충족시킬 수 없기 때문에 기계 학습(ML: Machine Learning), 선제적 콘텐츠 캐싱(Proactive Contents Caching) 등이 함께 이루어져야 하며 이를 위한 기능들이 5G 네트워크 구조에 구현되어야 사용자가 사용할 수 있는 수준의 서비스를 제공할 수 있다.

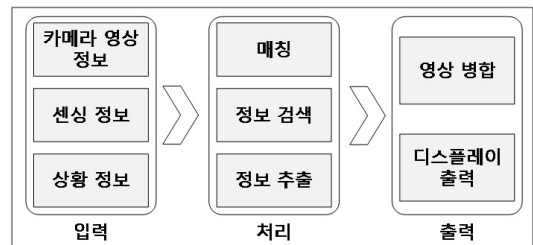
본 논문에서는 무선 증강현실 서비스를 위한 5G 무선 액세스 네트워크 구조를 제안한다. 이를 위하여 우선적으로 현재 증강현실 기술을 검토하고, 5G 네트워크 표준화 현황과 핵심 기술들을 소개한다.

## 2. 모바일 증강 현실 개요

혼합현실(MR: Mixed Reality)은 현실과 유사한 가상의 이미지를 활용하는 기술로, 가상 이미지만을 활용하는 가상현실(VR: Virtual Reality)과 현실 이미지에 가상 이미지를 혼합하는 증강현실로 나눌 수 있다. 그 중 증강현실은 실제 이미지에 가상의 정보를 덧입혀 고품질 멀티미디어 콘텐츠 및 추가 정보를 제공할 수 있으며 모바일 증강현실 서비스는 상황 인식을 기반으로 하여 개별 사용자를 위한 맞춤형 정보를 실시간으로 제공할 수 있어 다양한 서비스들에 이를 추가적으로 활용하면 기존 서비스들의 부가 가치를 높일 수 있을 것으로 기대된다. 모바일 증강현실 서비스의 주된 적용 분야로는 관광, 네비게이션, 재난대응, 게임, 광고, 학습, 건설 등이 있으며 현재 페이스북, 구글, 애플, 삼성전자, LG전자 등의 세계적 기업에서 전용 디바이스(Google Glass, Oculus Rift, Microsoft HoloLens, Samsung Gear VR 등) 혹은 소프트웨어 플랫폼(Apple ARKit, Google VR, magicleap 등)을 개발 및 출시하였다.

### 2.1 모바일 증강현실 유형 및 등장 과정

모바일 증강현실 구현을 위해서는 입력, 처리, 출력 각각의 과정에서 수많은 요소 기술들이 결합되어야 한다. 그림 1은 모바일 증강현실 작동 과정을 입력, 처리, 출력으로 나누고 각 과정의 주요 요소들을 표시하였다. 노트북, PDA, 태블릿, 모바일 폰, AR 전용 디바이스 등의 모바일 디바이스를 통해 획득한 데이터들은 네트워크를 통해 전달되고 이를 미리 서버에 구축된 라이브러리 상의 데이터들과 비교하여 대상을 인식한다. 인식된 대상은 사용자의 상황, 어플리케이션 종류에 따른 추가적인 정보와 연계되어 사용자가 필요로 하는 데이터를 검색 및 산출하고 산출된 데이터가 디바이스에 전송되면 해당 디바이스에 적절한 유형으로 변형되고 기존 이미지와 병합되어 출력 디스플레이에 적절한 형태로 사용자에게 출력된다.



(그림 1) 모바일 증강현실 동작 과정

(Figure 1) Mobile Augmented Reality Operating Procedure

증강현실 서비스는 입력 데이터원에 따라 센싱 데이터 기반(Sensor based) 서비스와 영상 데이터 기반(Vision based) 서비스, 혼합 데이터 기반(Hybrid Tracking based) 서비스로 분류되며 영상 데이터 기반 서비스는 마커 기반(Marker based) 서비스와 특징점(Nature Feature based) 기반 서비스로 나눌 수 있다 [1].

센싱 데이터 기반 서비스는 관성 측정 센서(Accelerometer, Gyroscopes), 자력 측정 센서(Magnetometers), 위치 측정 센서(GPS: Global Positioning System), 초음파 센서(Ultrasonic) 등을 활용하여 획득한 사용자의 위치, 방향, 사물과의 거리 정보를 입력 정보로 활용한다.

영상 데이터 기반 서비스는 디바이스의 카메라로 촬영된 영상을 주요 입력원으로 사용하고, 영상 원본을 입력원으로 사용하거나 디바이스에서 마커 인식 혹은 특징점 추출을 직접 수행하여 도출한 결과물을 입력원으로 사용할 수 있다. 마커 기반 서비스의 경우, 마커의 모양, 크기,

색상을 인식하고 이를 라이브러리 상의 데이터들과 비교할 수 있어야 하며 이는 마커 인식 어플리케이션 (ARToolkit, ARTag, OpenTracker 등)을 기반으로 이루어진다. 인식된 마커는 어플리케이션 라이브러리의 마커 모양과 매칭되어 인식된다. 특징점 기반 서비스는 이미지에서 특징점 추출 알고리즘(SIFT, SURF, ORB 등)을 활용하여 추출된 특징점들을 기반으로 대상을 라이브러리 상의 특징점 데이터와의 매칭을 통해 대상을 인식한다. 마커 기반 서비스는 마커가 미리 준비되어 있는 곳에만 서비스가 가능하다는 제약이 있기 때문에 다양한 환경에서 실시간으로 대상을 인식하고 정보를 제공해야 하는 모바일 증강현실 서비스의 경우 특징점 기반 서비스가 선호된다. 하지만, 낮은 복잡도의 마커 인식 알고리즘 대비 고화질 동영상의 특징점 추출은 높은 연산량을 필요로 하기 때문에 연산 속도가 낮고 및 소모 전력 제약이 심한 모바일 디바이스에서의 구현은 사용자 체감 성능을 저하시킨다. 데이터 매칭은 입력 데이터원 추출과정에서 사용된 소프트웨어 플랫폼 혹은 특징점 추출 알고리즘에 따라 다르다. 특징점 기반 서비스의 경우 대체로 라이브러리 크기가 매우 크기 때문에 하둡(Hadoop) 등의 빅데이터 처리 기술과 기계학습 알고리즘을 병합하여 매칭이 이루어진다. 위치 정보를 활용하거나, 국소 지역 캐싱 서버(Localized Caching Server)를 활용하면 라이브러리 크기를 축소시킬 수 있어 매칭 지연을 감소시킬 수 있다. 이후 인식된 대상 정보, 어플리케이션 정보, 사용자 상황 정보 등이 병합되어 서버에서 특정 필요 정보를 검색하고 추출한다. 추출된 정보는 출력을 위해 디바이스에 전송된다. 전송된 정보는 출력을 위해 어플리케이션, 디바이스 특성에 맞게 변형된 후 디스플레이에 출력된다. 현재 증강현실 출력 디스플레이는 광학 투과 디스플레이(Optical See-through Display), 영상 투과 디스플레이(Video See-through Display), 표면 영상 디스플레이(Surface Projection Display) 등이 있다[1]. 광학 투과 디스플레이는 영상 정보 출력이 가능한 투명 디스플레이를 통해 사용자가 대상을 직접 관찰하면서 디스플레이에 관련 정보를 출력하는 방식으로 마이크로소프트 홀로렌즈(Microsoft HoloLens), 구글 글래스(Google Glass) 등이 대표적인 광학 투과 디스플레이이다. 영상 투과 디스플레이는 카메라를 통해 촬영된 실제 이미지를 디스플레이에 출력하고, 그 위에 추가적인 정보를 출력하는 방식으로 스마트 폰을 활용한 증강현실, 오클러스 리프트(Oculus Rift), 삼성 기어VR(Samsung Gear VR) 등이 이에 해당한다. 표면 영상 디스플레이는 추가 정보를 레이저 프로젝터 등을 활용하여 직접 투사하는 방식

으로 현재까지 상용화된 디바이스는 없다. 현재까지 가장 대중적이며 효과적인 방식은 광학 투과 디스플레이 방식인데, 이는 사용자 시선 범위 전체의 대상을 인식하고 디스플레이를 통해 시선 범위 전체에 고화질의 동영상 데이터를 출력해야 하므로, 높은 전송 속도가 요구된다.

## 2.2 모바일 증강현실 구현을 위한 요구 사항

인간은 두 안구의 망막에 최대 수평 150°, 수직 120° 범위의 이미지를 담을 수 있다. 1°당 약 200 pixel의 해상도를 갖고 있으며 이를 전체 시선 범위의 정지 영상의 해상도로 환산하면 대략 720 Megapixel이 된다. 천연색의 영상 표현을 위해서는 pixel 당 36 bit가 필요하며 이를 60 frame/sec의 동영상으로 구현하고 이를 전송하기 위해서는 약 3 Tbps의 전송 속도가 요구되며 최신 이미지 코덱을 사용하면 1/300 수준인 10 Gbps 정도로 압축할 수 있다. 인간의 시각 범위 전체를 포함하지 못하더라도, 4K 이미지를 60 frame/sec의 천연색 동영상으로 전송하기 위해서는 약 0.9 Gbps의 전송속도가 필요하다 [2] [3]. 고품질 증강현실 서비스 구현을 위해 위에서 언급한 시각 데이터에 청각, 촉각, 후각 등의 추가적인 지각 데이터와 시선 정보 어플리케이션 정보 등의 서비스 필요 정보를 함께 보내기 위해서는 더욱 높은 데이터 전송률이 요구되며, 인간의 지각과 정보 출력 간 시간 격차에 따른 어지럼증을 예방하기 위해서는 종단 간 13 ms 이상의 지연이 발생하면 안된다 [4].

상용화된 최고성능의 셀룰러 무선 네트워크 프로토콜인 LTE의 성능 지표(최대 전송률 1 Gbps, 평균 전송률 100 Mbps, 종단 간 지연 50 ms)는 위에서 제시한 증강현실 서비스 구현을 위한 요구조건을 충족시키지 못하기 때문에, 현재 고성능의 증강현실은 유선 네트워크를 통해서만 구현되고 있다. 하지만 유선 네트워크를 활용한 증강현실 서비스는 이동제한성 때문에 구현 환경을 갖춘 제한적인 환경에서만 구현이 가능하여 일반 사용자들에게 서비스 될 수 없으며 이를 활용해 수익성 있는 서비스를 제공하기 어렵다. 따라서, 사용자에게 실시간 정보를 제공하는 모바일 증강현실 서비스 구현을 통해 증강현실 서비스가 고부가가치 산업으로 발돋움하기 위해서는 더욱 성능이 높은 무선 네트워크가 필요하다.

## 3. 5G 네트워크 개요

5G 네트워크(NR: New Radio)는LTE 대비 높은 전송속

도, 낮은 지연 시간 등의 수치적 성능 향상과 네트워크 사용 시나리오별 성능 목표치 차별화, 네트워크 가상화, 슬라이싱 등을 통한 네트워크의 유연성 향상을 목표로 한다. 현재 3GPP (Third Generation Partnership Project)에서 표준화 진행중이며, 2017년 12월 LTE 네트워크와의 연계 서비스 구조 (NSA: Non-standalone) 표준화 완료 (Phase 1), 2018년 6월 5G 네트워크 단독 사용 구조(Standalone) 표준화 완료, 2020년 상용화를 목표로 하고 있다.

### 3.1 5G 네트워크 성능 목표

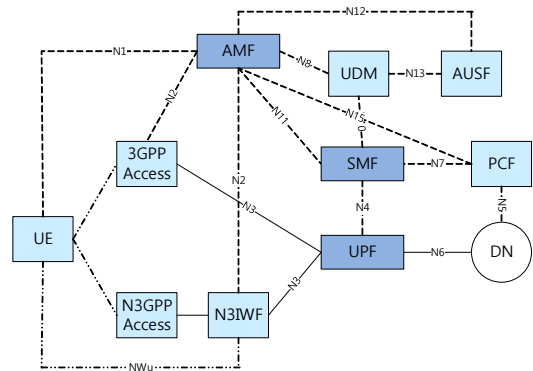
(표 1) 3GPP TR 38.913 5G 네트워크 성능 목표  
(Table 1) 3GPP TR 38.913 based 5G Network Target Performance)

성능 지표	5G 네트워크 성능 목표
최대 전송 속도	DownLink: 20 Gbps UpLink: 10 Gbps
이동 지연 시간	0 ms
전송 지연 시간	4 ms
에러율	$10^{-5}$ error rate
접속 밀집도	$10^6$ devices/km <sup>2</sup>

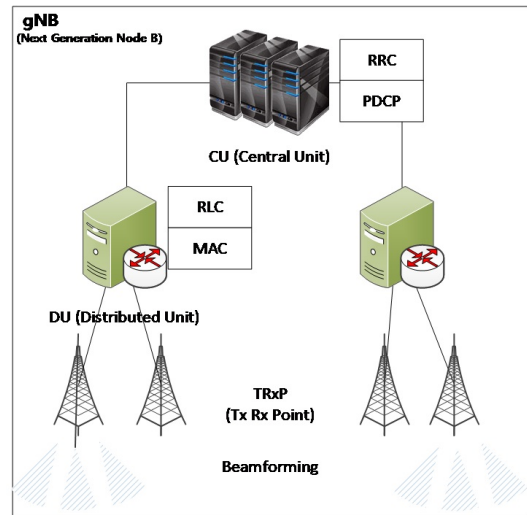
5G는 LTE의 CP-OFDM (Cyclic Prefix Orthogonal Frequency division Multiplexing) 구조를 그대로 사용하되, Turbo code 대비 1/40 가량 복잡도가 낮은 LDPC (Low Density Parity Check) 채널 코딩, 256 QAM (Quadrature Amplitude Modulation), 32 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 등을 사용하며, 6 GHz 이상의 mmWave 대역을 포함하여 최대 1 GHz 의 대역폭을 지원한다. 3GPP의 TR 38.913[5]에 따르면 이를 통해 최대 전송 속도 향상(DL 20Gbps, UL 10 Gbps), 이동성 향상(이동 지연 0 ms), 전송 지연시간 감소 (User plane latency 4 ms) 등을 이룰 수 있을 것으로 예상된다.

### 3.2 5G 네트워크 구조

그림 2는 5G의 코어 네트워크 구조인 NGC (Next Generation Core) 구조를 나타낸다. LTE의 EPC (Evolved Packet Core)가 디바이스부터 DN(Data Network)까지의 연결 구조를 PDN-GW (Packet Data Network Gateway), S-GW (Serving Gateway) 등의 네트워크 하드웨어 엔티티 기반으로 표현하였다. 이에 반해 5G NGC는 NFV(Network Function Virtualization), SDN (Software Defined Network) 등에 기반하여 AMF (Access and Mobility Function), SMF (Session Management Function), UPF (User Plane Function),



(그림 2) 5G 코어 네트워크 (NGC) 구조  
(Figure 2) 5G Core Network (NGC) Architecture



(그림 3) 5G 코어 네트워크 (NGC) 구조  
(Figure 3) 5G Core Network (NGC) Architecture

UDM (User Data Management), AUSF (Authentication Server Function), PCF (Policy and Charging Function) 등의 기능별 엔티티로 표현되었으며, 이에 추가적으로 Wi-Fi 등의 Non 3GPP 프로토콜과의 연결을 위한 N3IWF (Non-3GPP Interworking Function)을 두었다.

그림 3은 5G의 무선 액세스 네트워크 구조인 gNB (next generation Node B) 구조를 나타낸다. gNB는 LTE-Advanced의 RU (Radio Unit), DU (Digital Unit) 분리 구조인 Cloud-RAN 구조를 기반으로 한다. 낮은 지연시간 달성을 위하여 Core Network를 거치지 않는 MEC (Mobile Edge Computing) 기능을 무선 액세스 네트워크 단에서 구하기

위해 CU(Central Unit)-DU-TRxP (Transmission & Reception Point)의 3단 구조를 두고 있다. CU는 RRC(Radio Resource Control), PDCP(Packet Data Convergence Protocol) Layer 기능을 담당하여 무선 자원을 관리하고 암호화, 헤더 압축 등의 기능을 수행한다. DU는 RLC(Radio Link Control), MAC(Medium Access Control) Layer 기능을 담당하여 베어러 생성, 관리, 스케줄링 등의 기능을 담당한다. 마지막으로 TRxP는 Physical Layer 기능 전반과 Beamforming 등의 기능을 담당한다.

#### 4. 5G를 활용한 모바일 증강현실

앞에서 살펴본 바와 같이, 모바일 증강현실은 고성능의 네트워크를 요구하며, 기존의 LTE는 요구 성능을 충족시키지 못하나 5G 네트워크의 예상 성능은 이를 충분히 달성할 수 있을 것으로 보인다. 하지만 단순 5G 네트워크 이용만으로는 증강현실의 서비스를 개별 사용자에게 원활하게 제공하기 어렵다. 실시간 상황인식을 통한 정보 출력은 특징점 기반 서비스를 기반으로 하여야 하는데 이는 특징점 추출 및 매칭, 빅데이터 처리, 변형, 디스플레이 출력에 이르는 다단계의 과정을 거쳐야 하고 각각의 단계가 높은 연산 능력을 요구하기 때문에, 5G의 높은 전송 속도와 낮은 무선 전송 지연 성능을 활용하더라도 최종 사용자 입장에서 느끼는 서비스 지연 시간은 길어진다. 따라서 사용자 체감 증강현실 서비스 품질 향상을 위해서는 앞에서 언급한 LDPC, 256 QAM, 32 MIMO 등의 무선 액세스 기술 이외에 액세스 네트워크 단에 증강현실 서비스 중단 간 지연 감소를 위한 기능들이 추가적으로 구현되어야 한다.

##### 4.1 증강현실을 위한 액세스 네트워크 구조

우선적으로, 특징점 추출 단계에서 적정 시점에서의 태스크 오프로딩이 필요하다. 모바일 디바이스의 카메라 해상도가 증가되면서, 촬영 이미지의 크기가 커지고 특징점 추출 단계의 연산량이 증가하였으며, 이를 낮은 연산 속도를 갖고 있는 모바일 디바이스에서 모두 수행하는 것은 지연시간과 에너지 소모 측면에서의 성능 저하를 초래한다[6]. 또한 단순 오프로딩은 네트워크 전체 효율적 저하를 초래할 수 있다. 따라서 SIFT, SURF, ORB 등의 특징점 추출 알고리즘의 과정을 분석하고 서버, 네트워크, 디바이스 의 현재 트래픽, 에너지 등의 모니터링 정보를 바탕으로 오프로딩 시점 결정(Offloading Decision)을

수행하는 하는 기능이 디바이스에 구현되어야 한다. 또한 매칭 단계에서, 데이터베이스 전체를 사용하는 것은 비효율적일 뿐만 아니라 인식 대상의 다양성을 고려하면 불가능한 수준이다. 따라서 디바이스의 위치, 상황 정보를 고려할 수 있는 국소 지역 캐싱 서버 (Localized Caching Server)가 액세스 네트워크 단에 설치되어야 한다[7,8]. 또한 해당 캐싱 서버는 사용 시간, 인기도 등을 기반으로 한 선제적인 캐싱(Proactive Caching)을 할 수 있어야 하는데, 이는 사용시간 패턴, 요구 정보 종류 등의 특성을 지역 기반으로 반영하여야 하기 때문에 각 캐싱 서버 별로 개별 최적 모델을 생성 할 수 있어야 한다. 따라서, 해당 정보를 학습하고 각 국소 지역 캐싱 서버에 반영하기 위한 기계 학습 기반의 콘텐츠 예측 기술이 캐싱 서버에 구현되어야 하며, 이는 해당 서비스 서버의 콘텐츠 전달 네트워크(CDN: Contents Delivery Network)와 연계되어야 한다. 또한 5G 네트워크는 높은 전송률을 위해 28 GHz, 40 GHz 등의 mmWave 대역이 반송주파수(Carrier Frequency)로 사용하는데, 이는 기존의 850 MHz, 1.8 GHz, 2.1 GHz 등의 LTE 반송 주파수 대비 경로 감쇄(Path Loss), 간섭 효과(Shadow Effect) 등에 취약하다. 따라서 모바일 디바이스 이동 시에 핸드오버가 보다 빈번히 발생하므로 안정적인 서비스 제공을 위해서는 세션 종료를 방지하고 끊김 없는 핸드오버(Seamless Handover)를 위한 중복 전송(Duplicated Transmission) 및 끊김 전 형성(MBB: Make Before Brake) 기능이 필수적이다. 따라서 위의 기능을 포함하는 이동성 지원 기능(Mobility Supporting Function)이 복수의 DU를 관리하는 CU 단에 구현되어야 하며, 개별 사용자의 이용 패턴, 지역 특성 등을 파악하여 최적 이동성 지원을 수행하여야 하므로 순환형 신경망(RNN: Recurrent Neural Network) 등의 기계 학습 알고리즘을 활용한 자체 최적 모델 생성이 가능하여야 한다.

표 2는 앞에서 언급한 오프로딩 시점 결정 엔티티, 국소 지역 캐싱 서버, 이동성 지원 기능 등의 필요 기능과 이의 위치, 기능 설명, 주요 기술을 정리한다. 제시된 추가적인 기능 및 엔티티들이 5G의 향상된 무선 액세스 기술과 결합되어야 고품질 증강현실 서비스를 위한 높은 전송속도와 낮은 중단 간 전송지연을 만족시킬 수 있다.

(표 2) 모바일 증강현실 서비스를 위한 5G 무선 액세스 네트워크 기능  
(Table 2) 5G RAN Function for Mobile Augmented Reality Service

기능명	위치	설명	주요기술
오프로딩 시점 결정	디바이스	디바이스, 네트워크, 서버 모니터링을 통한 최적 시점 태스크 오프로딩	모니터링, 오프로딩 시점 결정 기술
국소 지역 캐싱	액세스 네트워크 (Digital Unit)	콘텐츠 사용 빈도 예측을 통한 지역 특화 선제적 콘텐츠 캐싱	기계학습, 콘텐츠 전달 네트워크
이동성 지원	액세스 네트워크 (Central Unit)	5G 네트워크 위한 끊임없는 핸드오버	기계학습, 중복 전송, 끊임 전 형성

### 5. 모바일 증강현실 지연 시간 분석

본 장에서는 실제 모바일 디바이스를 활용한 LTE와 5G 상황에서 SURF 알고리즘을 기반의 모바일 증강현실 서비스 중단 간 지연에 대해 비교한다. 또한, 제시한 기능들 중 오프로딩 시점 결정 엔티티와 국소 지역 캐싱 서버 기능이 추가될 때의 감소되는 서비스 지연 시간 또한 비교 분석한다.

모바일 증강현실의 서비스 지연 시간은 디바이스에서 특징점 추출 시간( $T_D$ ), 디바이스에서 서버로의 무선 구간 업링크 전송 시간( $T_{UL}$ ), 오프로딩 서버에서의 처리 시간( $T_S$ ), 데이터베이스 서버의 이미지 매칭 및 필요 데이터 선별 시간( $T_{DB}$ ), 서버에서 디바이스로의 무선 구간 다운링크 전송시간 ( $T_{DL}$ ), 그리고 유선 구간 라우팅 시간( $T_{RS}$ ) 등으로 구성되며 아래와 같은 식으로 표현 할 수 있다[6].

$$\begin{aligned}
 T_{AR} &= T_D + T_{UL} + T_S + T_{DB} + T_{DL} + T_{RS} \\
 &= \frac{1}{d_d v_d} L_d + \frac{F_{UL}}{d_{UL} R_{UL}} + \frac{1}{d_s v_s} L_s \\
 &\quad + T_{DB}(I, H, W) + \frac{F_{DL}}{d_{DL} R_{DL}} + T_{RS}
 \end{aligned}$$

특징점 추출 프로세스는 디바이스, 서버, 전송 자원 상황을 고려한 오프로딩 엔티티의 결정에 따라 디바이스 태스크( $L_m$ )와 오프로딩 서버 태스크( $L_s$ )로 나누며, 오프로딩 엔티티가 없는 경우 디바이스에서 특징점 추출을 모두 수행하여 전송하는데, 추출 시간은 디바이스와 서버의 지연 요소 ( $d_d, d_s$ )와 처리 속도( $v_d, v_s$ )에 따라 달라진다. 무선 전송속도는 업링크와 다운링크의 전송 데이터 크기( $F_{UL}, F_{DL}$ )을 전송 속도( $R_{UL}, R_{DL}$ )로 나눈 값으

로 구해지며, 여기에 전송 지연 요소( $d_{UL}, d_{DL}$ )가 영향을 준다. 데이터베이스 서버의 처리 시간은 이미지 특징점의 개수 ( $I$ ), 해상도 ( $H, W$ )의 영향을 받는다. 유선 구간 라우팅 시간은 국소지역 캐싱 서버 구현 여부에 따라 달라진다.

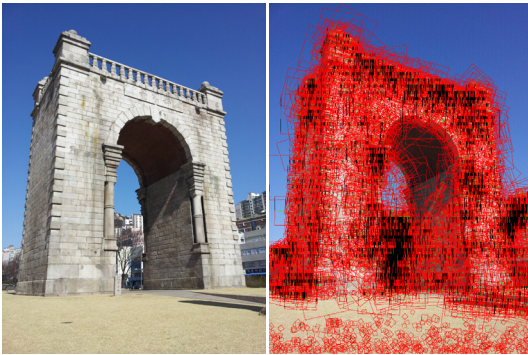
(표 3) SURF 기반 해상도 별 특징점 데이터 크기 및 특징점 추출 시간

(Table 3) SURF based feature extraction delay and data size in various image resolution

		3264×2448	1280×960	1024×768	640×480
전송 데이터 크기	특징점 (bytes)	10,398	2,307	1,634	681
	원본 (bytes)	2,869,848	636,732	450,984	187,956
특징점 추출 시간	디바이스 (ms)	16534.41	3224.12	2225.34	893.63
	서버 (ms)	1149.820	5954.37	781.06	316.26

표 3은 그림 4를 다양한 해상도로 변환된 이미지를 SURF 알고리즘을 통해 특징점을 추출 할 때 추출된 특징점의 크기, 서버와 디바이스의 JPEG 압축 이미지의 해상도 별 특징점 추출 시간을 보여준다. SURF 알고리즘 구동 시간 측정을 위한 모바일 디바이스로는 삼성전자의 SHV-E330S가 사용되었으며, 서버로는 데스크탑 PC(I5-2500)가 사용되었다. 추출된 특징점의 데이터 크기가 원본 이미지의 데이터 사이즈의 약 1/300로 줄어들기 때문에, 특징점 추출 프로세스를 모바일 디바이스에서 모두 처리함으로써 전송 데이터 크기 축소로 인해 전송 시간 감소의 이점이 있다. 하지만, 모바일 디바이스는 서버에 비해 한정된 컴퓨팅 자원으로 인해 특징점 추출 프로세스에 소요되는 시간이 서버 대비 약 15배이다. 이에 따르



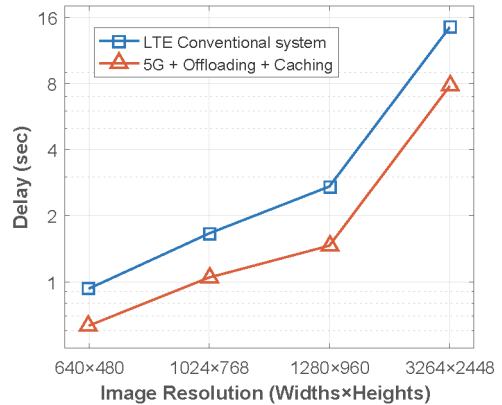


(그림 4) SURF 알고리즘 기반 특징점 추출 예시

(Figure 4) Example of Image feature extraction based on SURF algorithm

면, 전송 데이터의 크기와 프로세싱 시간은 상충 관계에 있기 때문에 상황에 따른 특징점 추출 프로세스 태스크 분배가 필요하다. 따라서, 오프로딩 서버는 디바이스와 서버, 네트워크의 상황에 따라 지연시간과 소모 전력, 로드밸런스 등을 고려하여 디바이스와 서버의 특징점 추출 태스크를 결정하게 된다.

그림 5는 기존의 LTE 시스템과, 제안된 5G 기반의 모바일 증강현실 시스템의 종단 간 서비스 시간을 비교한 그래프이다. 위 데이터는 표4에서 제시된 실제 디바이스와 서버를 활용한 특징점 추출 프로세스 시간과 LTE와 5G의 네트워크 파라미터[5], 캐싱 서버 지연과 데이터베이스 매칭 지연 값을 활용하여 산출하였다[8,9]. 가로 640 픽셀, 세로 480 픽셀 크기를 이미지 기준 LTE 시스템을 활용하여 서비스 시에는 특징점 추출부터 산출 데이터 전송까지 약 930.78 ms가 소요되었으나, 제안된 5G 기반 시스템의 경우 631.65 ms 가 소요되어 약 32.14%의 지연 시간 감소를 보였다. 가로 1,024 픽셀, 세로 768 픽셀의 이미지 서비스 시에도, 기존 LTE 시스템은 1,660.93 ms, 제안된 시스템은 1045.76 ms 의 서비스 시간이 산출되어 약 37.04%의 지연 시간 감소를 보였다. 다른 크기의 이미지에서도 비슷한 수준의 서비스 지연 감소를 보여, 제안된 시스템이 기존의 LTE 시스템 대비 평균 30.37%의 서비스 지연 감소를 이루는 것을 볼 수 있었다. 산출된 서비스 지연 시간은 모바일 증강현실 서비스의 요구조건에 미치지 못하는 수준이나, 최신 디바이스의 활용 및 최적화를 통해 추가적인 성능 개선이 가능할 것으로 사료된다.



(그림 5) 모바일 증강현실 서비스 지연 비교

(Figure 5) Comparison of MAr service delay

## 6. 결 론

본 논문에서는 고품질 모바일 증강현실 서비스를 위한 5G 액세스 네트워크 구조를 제안하였다. 모바일증강현실은 모바일 디바이스의 고화질 카메라로 촬영한 이미지와 빅데이터 기반 매칭 기법을 활용하여 대상을 인식하고, 이에 대한 정보를 실시간으로 전달하는 기술로 차세대 핵심 서비스로 손꼽힌다. 하지만 고품질 서비스를 제공하기 위해서는 높은 전송속도와 낮은 전송지연이 필수적이기 때문에 기존의 LTE 네트워크로는 구현이 어려웠다. LTE 네트워크 대비 높은 성능을 목표로 하고 있는 5G 네트워크의 등장으로 모바일 증강현실 구현 가능성이 높아졌으나, 서비스를 위한 과정이 복잡하고 연산량이 많아 5G 네트워크상에서 서비스를 제공하더라도 긴 지연시간에 따른 사용자 성능 체감은 피할 수 없다.

본 논문에서 제안한 오프로딩 시점 결정 엔티티, 국소 지역 캐싱 서버, 기계 학습 엔티티, 이동성 지원 기능 등이 디바이스 및 5G 무선 액세스 기능들과 결합된다면 실제 서비스 제공 가능 요구 조건을 만족 시킬 수 있어, 모바일 증강현실 서비스가 일반 사용자를 위한 5G의 핵심 서비스로 자리매김 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌(Reference)

- [1] D. Chatzopoulos, C. Bermejo, Z. Huang and P. Hui, "Mobile Augmented Reality Survey: From Where

- We Are to Where We Go,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 6917-6950, Apr. 2017.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2698164>
- [2] M. H. Pirenne, *Vision and the Eye*, Chapman & Hall, vol. 47, 1967
- [3] E. Bastug, M. Bennis, M. Medard, and M. Debbah, “Toward Interconnected Virtual Reality: Opportunities, Challenges, and Enablers,” *IEEE Comm. Mag.* vol. 55, no.6, pp.110-117 June 2017.  
<https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1601089>
- [4] M. C. Potter, B. Wyble, C. E. Hagmann E. S. McCourt, “Detecting Meaning in RSVP at 13 ms per Picture,” *Attention, Perception, & Psychophysics*, vol. 76, no.2, 2014, pp.270-279  
<http://dx.doi.org/10.3758/s13414-013-0605-z>
- [5] 3GPP TR 38.913 v14.2.0 “Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies,” Mar. 2017.  
<http://www.3gpp.org/DynaReport/38913.htm>
- [6] J.-M. Chung, Y.-S. Park, J.-H. Park, and H. Cho, “Adaptive Cloud Offloading of Augmented Reality Applications on Smart Devices for Minimum Energy Consumption,” *KSII Trans. on Intern. and Info. Sys.* vol. 9, no. 8, pp. 3099-3111, Aug. 2015.  
<https://doi.org/110.3837/tiis.2015.08.020>
- [7] Y. Nam, S. Song, and J.-M. Chung, “Clustered NFV Service Chaining optimization in Mobile Edge Clouds,” *IEEE Comm. Lett.*, vol. 21, no. 2, pp. 350-353, Feb. 2017.  
<https://doi.org/10.1109/LCOMM.2016.2618788>
- [8] A. Ceselli, M. Premoli, and S. Secci, “Mobile Edge Cloud Network Design Optimization.” *IEEE/ACM Trans. Netw.* vol. 25, no. 3, pp. 1818-1831, June 2017. <https://doi.org/10.1109/TNET.2017.2652850>
- [9] B. P. Rimal, D. P. Van, and M. Maier, “Mobile Edge Computing Empowered Fiber-Wireless Access Networks in the 5G Era,” *IEEE Comm. Mag.* vol. 55, no. 2, pp. 192-200, Feb. 2017.  
<https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600156CM>

## ● 저 자 소 개 ●

### 조 형 준(Hyungjun Cho)

2012년 연세대학교 전기전자공학과 (공학사)  
 2012년~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학과 석박사통합과정  
 관심분야 : 5G, LTE, Handover, Augmented Reality  
 E-mail : soarer@yonsei.ac.kr



### 정 종 문(Jong-Moon Chung)

1992년 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
 1994년 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1999년 Pennsylvania State University, Dept. of Electrical Engineering (공학박사)  
 1997년~1999년 Assistant Professor & Instructor, Pennsylvania State University, Dept. of Electrical Engineering  
 2000년~2005년 Director, Advanced Communication Systems Engineering Laboratory (ACSEL)  
 2000년~2005년 Director, Oklahoma Communication Laboratory for Networking & Bioengineering (OCLNB)  
 2000년~2005년 Associate Professor (Tenured), Oklahoma State University, School of Electrical & Computer Engineering  
 2005년~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수  
 관심분야 : IoT & Smartphones, Smart Cars & ITS, Military Communications, NFV / ICN / SDN, LTE-A / 5G Networks, Cloud Computing & Big Data, Public Safety AR Simulators and Networking.  
 E-mail : jmc@yonsei.ac.kr

