

5G 코어 네트워크 기술 동향 분석

Trend Analysis of 5G Core-Net Technology

김지선 (J.S. Kim) 유무선융합제어연구실 책임연구원
 송종태 (J.T. Song) 넷컴퓨팅융합연구실 책임연구원
 김정환 (J.H. Kim) 유무선융합제어연구실 선임연구원
 정희영 (H.Y. Jung) 유무선융합제어연구실 실장

스마트 유무선 네트워크 특집

- I. 머리말
- II. 요구사항 및 비전
- III. 연구개발 현황
- IV. 주요 기술 분석
- V. 맺음말

향후 2020년경에는 현재보다 훨씬 빠른 5세대(5G) 이동통신이 도래할 것으로 예상하고 있다. 현재 5G에 관해서는 EU를 중심으로 여러가지 선행 연구 프로젝트가 진행되고 있는 수준이며, 아직까지 본격적으로 활동하고 있는 국제 표준화 그룹은 없다. 무선 접속(RAN: Radio Access Network) 부분에서는 몇몇 5G 후보 기술을 도출하는 등 나름대로 표준화 방향이 제시되고 있지만, 코어 네트워크(CN: Core Net) 부분에서는 그 활동이 미미한 실정이다. 본 논문은 5G 이동통신의 일반적인 요구사항 및 비전을 살펴보고, 5G 코어 네트워크 부분에 대한 국내외 연구개발 동향과 주요 요소 기술의 동향을 분석한다.

I. 머리말

지난 수십년 동안 이동통신은 세대를 거듭하면서 양적·질적으로 괄목할만한 발전을 이루었다. 최초 음성서비스 위주의 1세대(1G)로부터 현재 LTE-A(Long Term Evolution-Advanced)라 일컫는 4세대(4G)에 이르렀고, 그리고 향후 2020년경에는 5세대(5G)가 도래할 것으로 예상하고 있다[1][2].

현재 4G 이동통신은 스마트 단말의 보급과 각종 데이터 서비스의 제공으로 인한 데이터 트래픽이 폭증하여, 사업자에게는 망관리 및 시설 추가의 비용 부담이 발생하며, 이용자에게는 서비스 지연/불통 등의 불편함과 심지어는 데이터 요금 폭탄 사례가 발생하는 등의 문제가 나타나고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 단기적으로는 WiFi, 펌토셀 등으로의 data off-loading으로 해결하고 있지만, 장기적으로는 D2D(Device-to-Device)를 통한 단말 간 집적 통신, 데이터를 분산하는 네트워크 구조로의 전환 등의 방안이 모색되고 있다.

향후 2020년에는 총 70억 명의 이동통신 가입자가 전망되며, 사물 통신(M2M(Machine-to-Machine)/IoT(Internet of Things))를 고려한 이동 단말/호스트의 수는 총 7조개(2010년 대비 50배)로 예상되며, 데이터 트래픽은 2010년 대비 500배에 달하는 35ZB(1Zetta= 10^{21})에 도달할 것으로 예상하고 있다. 또한, 이동단말의 급증과 소형 셀의 등장에 따라 신호 트래픽(signaling)도 2010년 대비 최대 180배 증가가 예상되고 있다.

현재의 4G 이동통신망도 나름대로 그 수용 능력/효율을 증가/향상시키는 노력을 하겠지만, 수십에서 수백 배에 달하는 양적 팽창(big bang)을 그대로 수용하기에는 구조적인 한계로 인하여 힘들 것으로 예상된다. 이것이 5G 태동의 결정적인 배경이며, 5G는 현재 4G와는 완전히 다른 개념으로 접근하여 개발하는 방안이 유력하다.

현재 4G 이후의 B4G(Beyond 4G(4.5G))에 대하여 표

준화 작업이 진행되고 있지만, 5G에 관해서는 EU를 중심으로 선형 연구 프로젝트 정도가 활발하게 진행되고 있는 수준이며, 아직까지 본격적으로 활동하고 있는 국제 표준화 그룹은 없다. 무선접속(RAN: Radio Access Network) 부분에서는 여러가지 후보 기술을 도출하는 등 나름대로 표준화 방향이 제시되고 있지만, 코어 네트워크(CN: Core Net) 부분에서는 그 활동이 미미한 실정이다. 이러한 현실이 우리가 도전하여야 할 과제이며, 양적 팽창에 대처하기 위한 시스템 용량의 단순 확장뿐만 아니라 2020년에 요구되는 '초공간실감 지식서비스'를 제공하기 위한 유연한 네트워크 구조로 발전이 요구된다.

II. 요구사항 및 비전

1. 일반 요구사항

5G 이동통신의 일반적인 요구사항은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 2020년 이후에 예상되는 모바일 트래픽에 대응이 가능하도록 전체 시스템 용량을 확대하여야 함.
- 이전망(4G)과 비교하여 경제성(cost per bit)과 에너지 효율성(bit per joule)에 대한 상당한 개선이 있어야 함. 즉, 망사업자의 CAPEX(Capital Expenditure)와 OPEX(Operating Expenses)를 경감할 수 있는 보다 경제성이 보장되는 네트워크 구축기술이 개발되어야 하며, 대량의 데이터 사용에 따른 요금부담과 에너지 절감이 보장되는 정보통신 기술이 개발되어야 함.
- 네트워크(특히, CN)의 트래픽 처리 부하를 경감할 수 있는 네트워크 구조를 가져야 함. 예를 들어, M2M과 같은 센서망이 5G망과 통합시 발생하는 대량의 데이터 트래픽이 코어 네트워크(CN)으로 유입되지 않고 분산되도록 하는 기술이 개발되어야 함.
- 고속 접속에 따른 고품질의 서비스 융합과 다양한

이중 네트워크 간의 접속 및 융합에 대처할 수 있어야 함.

- 사용자에게 ‘초연결실감’ 데이터 서비스를 제공하기 위해, 데이터 전송/처리 속도 및 응답 시간(latency)이 단축되어야 함.

따라서, 5G는 1G, 2G, 3G, 4G 다음에 당연히 나타나는 정량적인 추정의 의미보다는, 다음과 같은 정성적인 요구에 초점을 맞추어야 한다.

- 통신망과 컴퓨팅 기술의 완전한 융합
- 유무선 통신망 및 각종 단말/사물이 모두 결합된 진정한 통신 연결
- 최적화된 네트워크 운용 기술 및 비용/에너지의 절감
- 혁신적인 서비스 및 응용 제공

2. 2020년의 5G 비전

가. 2020년의 5G 서비스 비전

2020년 이후의 통신은 한마디로 ‘초공간실감 지식서비스’로 그 비전을 정의하고 있다[3]. 이는 사람 간 정보 전달 중심의 이동통신을 넘어 사물 통신과의 융합, 단말의 지능화 및 콘텐츠의 고도화를 통한 지식 통신 서비스 제공하는 것으로, 사용자 주변의 가용한 모든 통신 자원과 지능화된 네트워크 기능을 통하여, 물리적이고 공간적인 이질감을 극복하여 사용자에게 실재감과 현장감을 제공하는 것이다.

2020년 이후는 스마트 IT 환경을 활용한 스마트 혁명 시대가 될 것으로 예측되며, 개인 생활, 기업 활동, 국가 인프라의 큰 변화가 있을 것이다. 혁신적인 차세대 모바일 인프라를 통해 대량 지식 유통 및 예측이 제공될 것이다.

나. 2020년의 5G 네트워크 비전

2020년 이후의 5G 네트워크는 초대량의 트래픽 처

리, 다양하고 수많은 단말 지원, 그리고 ‘초공간실감 지식서비스’ 수용이 가능하게 하기 위해, 다음의 5가지를 축으로 하고, 효율성, 자율성, 경제성 등이 강조된 구조가 될 것으로 예견된다[4].

- 네트워크 기능의 가상화: 복수의 다양한 운영관리 환경에서, 각종 컴퓨팅 자원과 네트워크 기능을 가상화해 저비용이며 효율적으로 네트워크를 운용함.
- 네트워크 기능의 모듈화: 각종 네트워크 기능을 포괄적이고 자족적인 빌딩 블록으로 분리하여 모듈화함으로써, 전체 네트워크 시스템의 운용 및 관리 효율성을 제고함.
- 인지적인 네트워크 운용: 복수의 가용한 접속 및 다양한 라우팅 경로 환경에서, 인지적이고 능동적인 조건 및 지식을 기반으로 단말 간 직접 통신을 고려함.
- 콘텐츠 지향 네트워킹 매커니즘: 급증하는 콘텐츠 트래픽 처리와 서비스 보급/전달을 용이하게 하는 네트워킹 매커니즘을 고려함.
- 자율적이고 분산적인 ad-hoc 네트워크의 배치: 참신한 응용을 제공하고 서비스를 코어 기반에서 적용 가능한 로컬 네트워크로 분산시키기 위하여, 각종 형태의 무선 네트워크(예: mesh, ad-hoc, sensor 등)를 전진 배치함.

3. 5G 주요 기능 및 피쳐

ITU-R에서는 ‘미래 IMT(International Mobile Telecommunications)’ (또는 IMT-2020)이라 일컫는 5G 이동통신의 새로운 능력을 다음과 같이 규정하고, 무선 접속 기술 및 코어 네트워크에 새롭게 필요한 기능 및 피쳐를 도출하고 있다[5].

- Anytime, anywhere gigabit service
- High network capacity
- Very high frequency band operation
- Integrated “virtual” radio access networks

- Multi-RAT small cells and control & data plane separation
- Network scalability
- Flatter network
- Virtualized core

현재, 무선 접속 부분에서는 다음과 같은 기술을 중심으로 연구 개발하는 추세이다[6].

- 주파수를 추가로 확보하여 사용 가능한 대역폭을 확장하는 기술
- 스펙트럼 효율을 극대화하는 기술
- 안테나 구성 기술
- 소형 셀을 추가하여 밀집지역에서 단위면적당 수용 용량을 확대하는 기술
- 단말/사물 간 직접 통신 기술

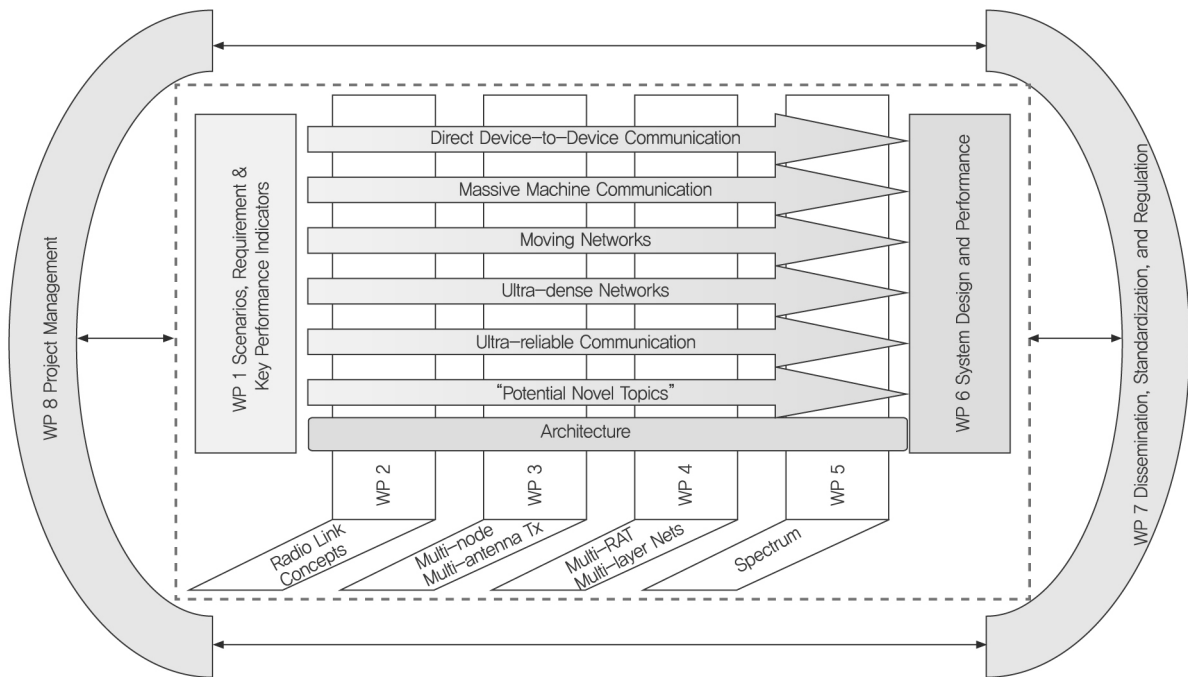
그리고, 코어 네트워크 부분에서는 다음과 같은 기술을 중심으로 연구 개발하는 추세이며, 이는 IV장에서 보다 자세하게 기술한다.

- 네트워크 가상화: SDN(Software Defined Network), NFV(Network Function Virtualization) 등
- 기능 분산화: UFA(Ultra Flat Architecture), DMM(Distributed Mobile Management), Cloud 등
- 유무선 융합화: FMC(Fixed Mobile Convergence), NaaS(Network as a Service) 등
- 트래픽 최적화: C/U Plane 분리 등
- 그리고, IP 프로토콜 기술의 진화

III. 연구개발 현황

1. 선도 연구 활동

현재 세계 선진 각국에서는 2020년 이후의 5G 이동 통신 주도권을 가지기 위해, 선도적인 연구과제들을 진행하고 있는데, 이들 중에 5G 코어 네트워크에 관하여 가장 활발하게 연구 활동하고 있는 몇 개의 프로젝트 그



(그림 1) METIS2020 주제 및 작업반 구성

를 소개한다.

가. METIS

METIS(Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society)는 ‘2020년 이후의 무선 이동통신 시스템’에 대한 유럽 국가들 간의 공감대를 형성하기 위해, 결성된 EU FP7 Call8 산하의 통합 프로젝트로, 총 2,700만 유로 예산으로 2012년 11월부터 2015년 4월까지, ‘2020년 이후의 5G 이동통신 망’을 위한 기반 조성 및 개념 합의를 목표로 하고 있다.

METIS는 (그림 1)과 같이, 6개의 주제를 위해, 8개의 작업반으로 나누어 매트릭스 형태로 작업 중에 있는데 [7], 보다 자세한 사항은 www.metis2020.com을 참조한다.

나. WWRF

WWRF(Wireless World Research Forum)은 무선의 미래에 대한 연구와 표준을 선도하기 위한 포럼으로, 다음의 4개의 작업반으로 구성되어 있으며[7], 보다 자세한 사항은 www.wwrf.ch를 참조한다.

- WG-A: 사용자 욕구 및 요구사항
- WG-B: 서비스, 단말 및 서비스 구조

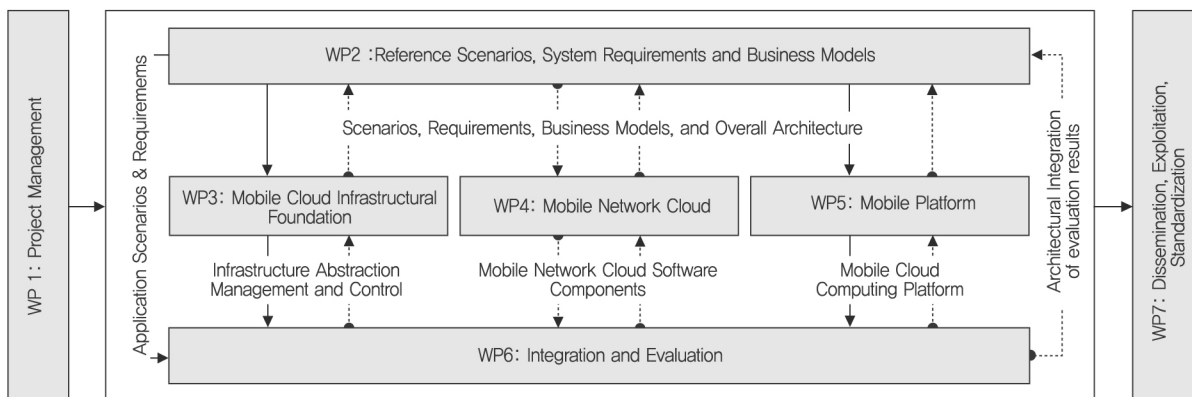
- WG-C: 통신 구조 및 기술
- WG-D: 무선 통신 기술

2012년 10월에 개최된 회의의 주요 이슈로 ‘2020년 을 목표로 하는 미래 5G 이동통신 기술 개발’에 대한 심도 있는 논의가 이루어졌으며, WG-C에서는 차세대 이동 시스템을 ‘NG-Wireless’로 명명하고, 2020년경의 미래 인터넷 기반의 이동통신 시스템을 제안하는 것으로 초점을 맞추고 있다. 이의 연구 활동은 다음의 3 단계로 진행하고 있으며, 현재 Phase 1에 대한 백서가 공개되어 있다[4].

- Phase 1(요구사항 및 비전): NG-Wireless 에서의 유력한 서비스들을 제시하고, 주요 서비스 피처를 분석하고, NG-Wireless 비전을 실현하는데 요구되는 주요 기능 및 능력 요구사항을 도출함.
- Phase 2(네트워크 구조): Phase 1에서 규정된 요구사항에 기반하여, NG-Wireless의 네트워크 구조를 정의할 예정임.
- Phase 3(핵심 기술): NG-Wireless에서 유력한 핵심 기술이 제공될 예정임.

다. MEVICO

MEVICO(Mobile Networks Evolution for Individual Communications Experience)은 Celtic Call7 프로젝트



(그림 2) Mobile Cloud Networking 작업 구성

의 하나로, 4G(LTE/LTE-A) EPC(Enhanced Packet Core)의 기술적 혁신을 추진 연구하였다. 그 연구결과는 3GPP 표준에 반영하여 유럽 산업체의 경쟁력을 강화할 목적으로, 인터넷 서비스 및 무선 기술의 진화에 따른 새로운 미래 요구사항을 만족시킬 네트워크 개념을 개발한 것이 주요 내용이다.

OpenFlow를 고려한 UFA 구조의 분산 네트워크 구조(EPC over OpenFlow)를 제안하였는데, 보다 자세한 사항은 www.mevico.org를 참조한다.

라. MCN

MCN(Mobile Cloud Networking)은 EU FP7 Call8 프로젝트의 하나로, 2012년 11월부터 3년 동안 클라우드 기반의 이동통신망 구조를 정의하고, 이의 설계, 평가 및 확산을 목적으로 하고 있다[8]. 이를 위해 (그림 2)와 같이 7개의 일감(WP: Work Package)을 정의하여 작업하고 있으며, 보다 자세한 사항은 www.mobile-cloud-networking.eu를 참조한다.

마. COMBO

COMBO(Convergence of Fixed and Mobile Broad-band Access/Aggregation Networks)은 EU FP7 프로젝트의 하나로, 2013년 1월부터 3년 동안 최적화된 유무선 통합 광대역 통신망 구조를 정의하고, 이의 평가, 시연 및 표준화를 목적으로 하고 있다. COMBO 프로젝트에 대한 보다 자세한 사항은 www.ict-combo.eu를 참조한다.

바. IMT2020 PG

IMT2020 PG는 중국 3개 정부부처(신식산업부, 국가발전계획위원회, 과학기술부)가 5G의 선도적인 연구를 위해 2013년 2월에 공동으로 설립한 Promotion Group

으로, 요구사항, 기술, 스펙트럼, 표준화(3GPP, IEEE, ITU) 및 IPR를 각각 담당할 5개 작업반으로 구성되어 있다[7].

2013년 5월 28일, 이 PG가 주관이 되어 'IMT-2020 (5G) Vision Summit'이 개최되었는데, 중국 내 산학연 기관은 물론이고, DoCoMo, NSN(Nokia Siemens Networks), Samsung, Ericsson, Cisco, Qualcomm 등 중국 외 기업들도 참가하여 많은 관심을 보였다.

2. 벤더 솔루션 및 전략

현재 세계 유수의 벤더들은 5G 이동통신 시스템의 시장을 선점하기 위해 SDN, Cloud 등을 기반으로 하는 솔루션을 제시하고 있는데, 이들의 솔루션 및 개발 전략을 소개한다.

가. Huawei의 SDMN

SDMN(Software Defined Mobile Network)은 SDN 개념의 핵심 원칙을 원동력으로 하여, 네트워크 사업자, 서비스 제공자 및 단말기 제조업체에게 최대의 개방성 및 유연성을 제공하는 것을 목표로 하는 새로운 5G EPC 솔루션이다[9].

이 SDMN의 구조적 특징은 이동망 관점의 MF(MobileFlow)와 전송망 관점의 OF(OpenFlow)로 나누는 것이다. MF에서는 U-Plane으로부터 신호 메시지를 분리하여 MME, GW 등의 이동망 응용에게 전달하고 MF 전송 엔진으로 하여금 패킷 전송을 처리하도록 매핑하는 MF Controller가 핵심 기능이다. OF에서는 IP, Ethernet 등 물리망에서 제어와 전송 기능을 분리하여 처리하는 OF Controller와 OF 전송 엔진으로 구성된다.

나. Bell Labs의 CellSDN

CellSDN(Software Defined Cellular Core Network)은 이동단말기의 세련된 정책을 지원하기 위한 확장성

있는 네트워크 구조로, SDN 개념에 다음 4가지 주된 기능을 추가한다[10].

- Controller는 가입자 속성에 관한 보다 세련된 정책을 표현함.
- 스위치 S/W는 확장성을 제고하기 위해 Controller의 지령에 따라 간단한 조치를 수행하는 Local Cell Agent을 구동함.
- 스위치 H/W는 DPI나 헤더 압축 등을 기반으로 보다 유연한 패킷 처리를 지원함.
- 기지국은 원격 제어나 가상화가 가능함.

구체적으로 저비용, 고효율, 고유연성의 모바일 코어 네트워크 구현을 위해, 게이트 웨이에서 middle box 및 제어기능을 분리한 후 개방 제어가 가능한 commodity switch 기반으로 모바일 코어 네트워크를 구현하는 기술을 연구하고 있다.

다. NSN의 Open Core System

Open Core System는 표준화된 H/W 플랫폼 위에 가상화를 기반으로 응용 S/W를 손쉽게 추가/변경/확장하게 하는 개념으로, 이동통신망 CS(Circuit domain Service), PS(Packet domain Service), IMS(IP Multimedia Subsystem) 도메인의 모든 공통 요소들을 COTS(Commercial off-the-Shelf) ATCA(Advanced Telecommunications Computing Architecture) H/W 환경에 수용할 수 있는 시스템 구조이다.

또한, NSN은 Liquid Network 로드맵 기반으로, 장기적으로 EPC의 SDN화를 추진하고 있다.

라. Ericsson의 Network-enabled Cloud

Ericsson은 'Network-enabled Cloud' 개념을 발표하고, Cloud 기반으로 네트워크 제어 기능을 수용하고, SDN의 적용 추진을 발표했다.

LTE의 제어계층이 OpenFlow 스위치를 제어할 수 있

〈표 1〉 EPC 벤더의 SDN 전략

전략 유형	회사 유형	회사	기본 전략
보수적 (EPC 가상화)	자체 고성능 Data plane 장비 기술 보유회사	Ericsson, ALU*, Huawei, Cisco, Juniper	외부로 SDN전략을 발표하였지만, SDN의 전환에 보수적이고 느리게 진행되기를 바라고 있음
진화적 (EPC 가상화)	COTS 기반으로 솔루션 제공 회사	NSN, ZTE	보유하고 있는 EPC 노드 솔루션에 가상화 기술을 접목하여 SDN으로의 전환에 매우 적극적
혁신적 (EPC 최적화/가상화)	"net-work-in-a-box" 솔루션의 새로운 기업들	Connectem Inc., Polaris Networks, Tecore, WiPro	특화된 소규모 망을 목표로 시작. SDN의 구조에 맞게 EPC의 구조를 개편하여 성능 및 기능 향상

* ALU(Alcatel-Lucent)

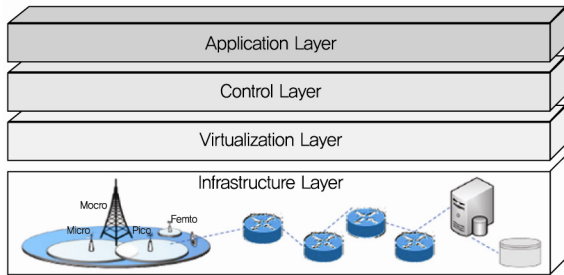
도록 변경하고 궁극적으로 통합된 네트워크 제어 기반을 구축한다. 또한, 조직화된 네트워크 및 클라우드의 관리기능을 제공하고, 신규 서비스 창출이 가능하도록 서비스 공개 계층 구축을 통해, 통신사업자 입장에서의 통합적인 SDN 인프라 구축이 가능하게 한다.

마. EPC 벤더의 SDN 전략

현재 4G의 코어 네트워크인 EPC를 SDN 기반으로 진화시켜 점진적으로 5G의 코어 네트워크로 발전시키려는 움직임들이 EPC 벤더를 중심으로 일어나고 있다. 현재는 기존 벤더들을 중심으로 EPC 기능을 VM(Virtual Machine) 상에 구현하는 수준이지만, 혁신적인 벤처를 중심으로 EPC 기능구조의 개편을 통해 SDN에 최적화된 모바일 코어 기술을 개발하려는 움직임이 시작되고 있다. SDN을 기반으로 하는 EPC 솔루션을 제시하고 있는 벤더들은 〈표 1〉과 같이 크게 3가지 유형으로 구분할 수 있다[11].

3. 국내 동향

국내에서는 2011년 방송통신위원회를 중심으로 한



(그림 3) SDN 계층 개념

태스크포스 활동을 통해 ‘5G 서비스 비전 초안’을 마련하였으며, 4G 대비 1,000배라는 속도를 기반으로 ‘초공간실감 지식서비스’ 제공에 초점을 맞추고 있다[1].

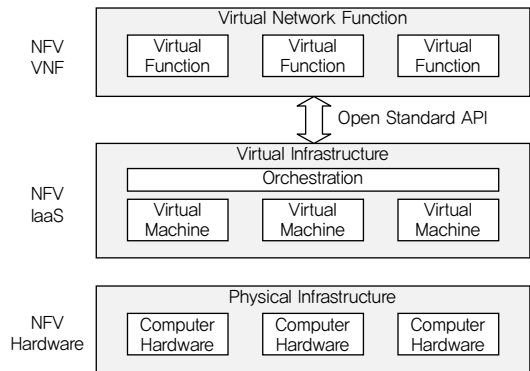
세부 개발 계획으로, 1단계 (2013-2015)에서는 5G 선도 시스템을 선형 개발하고, 2단계 (2016-2018)에서는 국제표준을 주도하여 5G 표준 시스템 개발하여, 2018년 평창 동계 올림픽에서 시범 서비스를 제공하고, 2020년에 상용화 한다는 목표를 수립하고 있다.

2012년 3월 산학연을 중심으로 5G 포럼을 조직하여 세부 분야별로 연구하기 시작하였으며, 운영위원회 산하에 5개의 분과위원회를 두어, 각각 대외협력, 관리/지원, 기술, 무선, 서비스 부분을 전담하고 있다. 5G 코어 네트워크의 논의는 무선기술과 함께 기술분과를 중심으로 이루어지고 있으며 올해 12월까지 요구사항 확정을 목표로 하고 있다.

IV. 주요 기술 분석

1. 네트워크 가상화 기술

네트워크 가상화(Network Virtualization)는 기존의 네트워크 공유(Network Sharing)[12]보다 발전된 개념으로, 네트워크의 개방화 및 지능화를 촉진시키는 중요한 개념이다. SDN과 NFV(Network Function Virtualization)는 네트워크 가상화를 실현하기 위한 가장 핵심적인 기술이다.



(그림 4) NFV 계층 개념

SDN은 제어와 데이터의 분리, 제어 기능의 중앙집중화 및 네트워크의 프로그래밍을 목적으로, ONF(Open Networking Foundation)에서 관련 연구 및 표준화가 이루어지고 있다[13]. 현재 Huawei, Bell Labs 등 여러 벤더들이 이 SDN 기술을 적용한 EPC 솔루션 및 시스템을 개발하고 있다. SDN은 (그림 3)과 같은 계층 개념을 가진다[14].

- 응용 계층: 여러 새로운 관점으로부터 요구사항 및 목적을 만족시키기 위한 네트워크 응용
- 제어 계층: 네트워크 전체 상태 및 지능을 유지하고, 다양한 벤더로부터의 이 기종 장치에 최적의 라우팅을 제어
- 가상화 계층: 하위 기반시설 계층에 OpenFlow와 같은 Open API를 제공
- 기반 계층: 네트워크 장치 및 전송망 제공

NFV는 네트워크 기능을 전용 기기나 범용 서버에 재배치 할 목적으로, ETSI NFV 작업반에서 관련 연구 및 표준화가 이루어지고 있다. NFV는 일반 H/W로부터 네트워크 기능을 정의하는 S/W를 분리하며, 가상화된 네트워크 기능의 설치 및 관리를 위한 자동화된 조직을 가진다. NFV는 (그림 4)와 같이, 가상 네트워크 기능, 가상 기반 및 물리 기반으로 구성된 계층 개념을 가진다 [15].

SDN이 네트워크의 추상화에 중점을 둔 반면, NFV는

CAPEX/OPEX 비용과 공간/에너지 절감에 중점을 두고 있어서, 이 두 가지 기술은 네트워크 가상화를 위하여 상호보완적이며, 현재 NEC, Telefónica 등 몇몇 벤더들이 SDN과 NFV 기술을 같이 적용한 EPC 시스템을 개발하고 있다.

2. 기능 분산화 기술

기능 분산화는 현재 EPC에 집중된 기능을 전진 배치함으로써 EPC의 부하를 분산시키고 지연시간을 단축시키고자 하는 목적으로, 트래픽 폭증으로부터 네트워크의 견고성 및 확장성을 용이하게 하는 개념이다. UFA, DMM, Cloud등 이기능 분산화를 실현하기 위한 유력한 기술이다.

UFA는 EURESCOM에서 인터넷 트래픽 폭증에 대처하기 위해 제안한 네트워크 구조로, 기존의 계층적인 구조를 단순한 구조로 변경하여 트래픽을 분산 수용하는 것이다[16]. MEVICO는 'OpenFlow controlled GW'라는 새로운 장비를 제안하였는데, SGW/PGW 등의 제어 기능은 중앙집중화시키고, 트래픽 전송 기능은 UFA 구조로 분산시키고 있다.

DMM은 기존의 중앙집중형 이동성 관리 기술의 문제점을 해결하기 위하여, IETF DMM 작업반에서 제안한 분산형 이동성 관리기술이다[17]. 즉, 로컬 트래픽을 위한 보다 최적화된 라우팅 제공과 짧은 경로로의 연결로 보다 낮은 지연시간 제공을 목적으로 하고 있으며, 이를 위해 다음 2가지 핵심 기능을 지원한다.

- 분산형 이동성 지원: 이동성 관리 서버를 분산시킴으로써, 하나의 네트워크 서버의 장애로 인해 전체 네트워크의 통신 마비 문제를 효과적으로 해결함.
- 동적 이동성 지원: 불필요한 이동성 지원에 대한 네트워크 자원 낭비를 줄임.

클라우드(cloud)는 네트워크 상에 각종 프로그램, 데이터 등을 분산하여 저장하고 언제 어디서나 접속하여

사용할 수 있게끔 하는 기술로, 이동통신망에서 네트워크 기능, 데이터 저장, 무선 접속, 트래픽 전송 등 많은 부분에서 적용하고 있다.

3. 유무선 융합화 기술

유무선 융합화(FMC)는 유선, WiFi, 3G, 4G, 5G 등 다양한 접속 기술을 수용할 단일 코어 네트워크 구조를 개발하는 것으로써, 기존의 EPC 구조에서 탈피하여 무선 접속 기술과 네트워크 기술 간의 종속성 배제하는 것이다.

단일 코어 네트워크 구조의 목적은 All-IP를 기반으로 접속 프로토콜을 단순화하고, 종단 간 연결에서 네트워크 노드의 수를 감축함으로써 서비스 지연을 줄이는 것이다. 또한, 이를 통하여 사업자 간 상호 연결, 이동성 및 로밍, 요금 정산등 복잡한 문제를 단순화시킬 수 있는 효과가 있다.

유럽 FP7 COMBO 프로젝트에서 제안한 유무선 융합 구조에서는 유선망과 이동망의 기능적인 융합과 구조적인 융합 등 두 가지 기술적 측면을 결합시키고 있다.

4. 트래픽 최적화 기술

트래픽 최적화를 위해, 현재 다음과 같은 기술의 개발이 고려되고 있다.

- 트래픽 분산: UFA 등의 개념을 적용하여, 제어 신호로부터 트래픽을 분리하고 대량의 트래픽을 여러 노드로 분산 수용시킴.
- 동적경로 분산: DMM 등의 개념을 적용하여, 라우팅(Routing)과 전송(Forwarding)을 분리하고, 동적 경로 설정과 트래픽 분산 전송을 적용함.
- 전송률 향상: Best-effort 유형의 대용량 트래픽의 재전송률을 줄이기 위한 체계적인 관리가 필요함. 현재 송신자 중심의 TCP(Transmission Control Protocol) 대신 수신자 중심의 RCP(Reception Control

Protocol) 프로토콜을 적용하는 것을 고려하고 있음.

5. IP 프로토콜 기술의 진화

IP 프로토콜은 원래 유선망(internet)을 고려하여 만들어졌기 때문에, 이를 이동망에 적용하는데 많은 문제와 어려움을 가지고 있다[18]. 이동통신망은 이미 All-IP 체제로 전환되었지만, 기존의 IP 프로토콜을 보완하거나 확장하여 사용하고 있는 실정이다. 그러나, 5G에서는 새롭게 요구되는 IP 기능을 지원하고, 사물 통신(M2M/IoT)이나 미래 인터넷(future internet)과의 상호연동 등을 위하여, 기존의 IP 프로토콜은 새로운 형태의 진화가 필요하다.

가장 대표적인 기술 진화는 식별자(ID)와 위치자(Locator)의 분리이다. 기존의 IP Address는 통신 개체의 식별자와 위치자를 동시에 표현하기 때문에, 이동 환경에서의 단말 식별 및 확인, 그리고 multi-homing과 같이 복수 네트워크 인터페이스 지원에 어려움을 가지고 있다. 또한, 콘텐츠 중심의 네트워킹(CCN: Contents Centric Networking)에서도 그 콘텐츠 위치와는 독립적인 식별자가 필요하게 되었다. 현재 ID/Locator의 분리를 적용한 프로토콜이 많이 개발되고 있으나, 이를 이동통신망에 본격적으로 적용하지는 않고 있다.

V. 맺음말

2020년 이후에 예상되는 이동통신 트래픽의 양적 팽창에 대처하기 위해, 무선 접속 부분과 함께 코어네트워크 부분에서도 새로운 기술을 적용한 새로운 형태의 네트워크 구조 개념이 필요하다.

현재 세계 선진 각국과 유수의 통신 벤더들은 2020년 이후의 5G 이동통신을 주도하고 그 시장을 선점하기 위해, 여러가지 선도적인 연구과제 수행 및 솔루션 개발을 진행하고 있는데, 우리나라는 주로 무선부분의 광대역

화 기술에만 중점을 두고 있고, 코어 네트워크 부분에 대한 연구나 솔루션 개발은 매우 미미한 실정이다.

현재 5G 코어 네트워크부분의 연구개발 추세는 크게 네트워크 구조를 가상화하고, 네트워크 기능을 분산화하고, 각종 유무선망을 융합화하고, 트래픽 처리를 최적화하는 방향으로 전개되고 있으며, 이를 지원하기 위해 관련 컴퓨팅 기술 및 IP 기술의 고도화 또는 진화를 요구하고 있다.

우리나라가 5G 기술을 주도하기 위해서는 무선 부분의 기술뿐만 아니라, 5G 코어 네트워크를 포함한 전체 시스템 구조와 관련 요소 기술의 연구개발이 필요하다.

용어해설

Cost per Bit 통신에서 데이터 트래픽 전송의 경제성을 측정하는 단위로, 통상 APBDC (Average Per-Bit Delivery Cost)로 더 알려져 있음.

Bit per Joule 통신에서 데이터 트래픽 전송의 에너지 효율성을 나타내는 단위로 전기 등의 에너지 소모 및 탄소 등 환경오염 물질의 배출을 줄이기 위하여 사용됨.

약어정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
ALU	Alcatel-Lucent
API	Application Programming Interface
ATCA	Advanced Telecommunications Computing Architecture
B4G	Beyond 4G
CAPEX	Capital Expenditure
CCN	Contents Centric Networking
CellSDN	Software Defined Cellular Core Network
CN	Core Net
COMBO	Convergence of Fixed and Mobile Broadband Access / Aggregation Networks
COTS	Commercial off-the-Shelf
CS	Circuit domain Service
D2D	Device-to-Device

DMM	Distributed Mobile Management
DPI	Deep Packet Inspection
EPC	Enhanced Packet Core
FMC	Fixed Mobile Convergence
FP7	Framework Program 7
GW	Gateway
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMT	International Mobile Telecommunications
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
IPR	Intellectual Property Rights
ITU	International Telecommunication Union
LTE-A	Long Term Evolution - Advanced
M2M	Machine-to-Machine
MCN	Mobile Cloud Networking
METIS	Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society
MEVICO	Mobile Networks Evolution for Individual Communications Experience
MF	MobileFlow
MME	Mobility Management Entity
NaaS	Network as a Service
NFV	Network Function Virtualization
NSN	Nokia Siemens Networks
OF	OpenFlow
ONF	Open Networking Foundation
OPEX	Operating Expenses
PG	Promotion Group
PGW	PDN Gateway
PS	Packet domain Service
RAN	Radio Access Network
RAT	Radio Access Technology
RCP	Reception Control Protocol
SDMN	Software Defined Mobile Network
SDN	Software Defined Network
SGW	Serving Gateway
TCP	Transmission Control Protocol

UFA	Ultra Flat Architecture
VM	Virtual Machine
WG	Working Group
WP	Work Package
WWRF	Wireless World Research Forum Alcatel-Lucent

참고문헌

- [1] 김동기 외, "5G 이동통신 기술 전망 및 동향," PM Issue Report, 제1호 이슈 2, 2013.3.12.
- [2] F. Muhammad, I. A. Muhammad, M. A. Usman, "Future Generations of Mobile Communication Networks," Academy of Contemporary Research J., v. 2, no. 1, 2013.
- [3] 김귀훈외, "Giga KOREA 동향 및 기술 분석," 전자통신동향분석, 제27권 제5호, 2012.10, pp.95-108.
- [4] WWRF White Paper, "Requirements and vision for NG-Wireless," 2011.10.
- [5] ITU-R Report, "IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond," July 14th. 2013.
- [6] 송평중, 박선희, "Future IMT에 대비한 무선액세스기술 발전 방향," 전자통신동향분석, 제27권 제5호, 2012.10.
- [7] 이현우, "해외 5G 활동 현황 및 대응 전략," 5G Forum Workshop, 2013.7.18.
- [8] Michael Fitch, "Mobile Cloud Networking: Supporting mobility in the RAN cloud", _____, 2012.10.
- [9] K. Pentikousis, Y. Wang, W. Hu, "MobileFlow: Toward Software-Defined Mobile Networks," *IEEE Communi.Mag.*, 2013.7, pp. 44-53.
- [10] L. E. Li, Z. M. Mao, J. Rexford "Toward Software-Defined Cellular Networks," *EWSDN*, 2012.
- [11] ABI Research Report, "Centralized vs. Distributed EPC and the Role of SDN and Cloud," Dec.19th. 2012.
- [12] 3GPP Specification, "Network Sharing: Architecture and functional description," TS23.251, Mar. 2011.
- [13] ONF White Paper, "Software-Defined Networking: The New Norm for Networks," Apr. 13th. 2012.
- [14] P. Demestichas, "Next Generation Communication Architectures and Technologies," *WWRF Workshop*, May 21th. 2013.
- [15] P. Demestichas et al, "5G on the Horizon: Key Challenges for the Radio-Access Network," *IEEE Vehicular Technol. Mag.*, Sept. 2013, pp. 47-53.

[16] EURESCOM Study Report, "Ultra Flat Architecture integration scenarios and their performance analysis and comparison," P1857 D3, Oct. 2011.

[17] 김지인, 고석주, "분산형 이동성 관리 표준기술 동향"경

북대학교, CPL Technical Report, 2012, <http://protocol.knu.ac.kr/tech/CPL-TR-12-03-DMM.pdf>

[18] 정희영, 고석주, "5세대 이동통신에서의 네트워크 이슈," 정보과학회지, 제31권 제9호, 2013.9, pp. 20-26