

5G와 자율네트워크의 동향과 5G내에서 자율네트워크를 구현하기 위한 방안

심영보, 김기정, 이성원
경희대학교

요약

본고에서는 대표적인 5G 프로젝트인 METIS와 NGMN의 동향과 자율네트워크 동향을 살펴보고 5G에서 IoT 서비스를 지원하기 위한 방안으로 네트워크를 자율 제어 네트워크와 개미 군집 최적화를 적용한 네트워크를 고안하였다.

I. 서론

Mason과 Machina 리서치에 따르면 동시 연결된 사물 인터넷(Internet of Things, IoT) 장치들의 개수가 2020년 들어서는 21억개에 달하고 관련 산업의 규모를 2022년에는 1조 2천억 달러로 예측하고 있다[12].

한국전자통신연구원 산업전략연구부에 따르면 세계 이동통신 시장은 2013년부터 연 평균 3.2%의 성장률을 기록하고 있고 2018년에 이르면 1조 6천8백억 달러에 이른다고 예측하고 있다. 또한 국내 이동통신 시장에서는 약 42조원의 시장규모를 형성할 전망이다[13].

본고에서는 5G와 자율제어 네트워크(Autonomic Networking)의 기본 철학과 설계가 무엇인지 살펴보고 5G 내에서 자율네트워크를 구현하고자 할 때 어떤 요구사항이 있는지, 어떻게 구현 할 수 있는지 알아보하고자 한다.

II. 5G의 동향

5G 관련한 프로젝트는 크게 두 가지로 METIS와 NGMN가 있다. 두 프로젝트 모두 5G 구현하는데 있어서 핵심 구성요소로 SDN과 NFV가 이용되고 있다. 이 두 프로젝트를 설명하기 전에 이에 대해 간단히 알아보고 5G 대표적 프로젝트인 METIS 2020과 NGMN에 대해 알아본다.

SDN은 스탠포드 대학에서 미래인터넷을 위해 개발한 프로

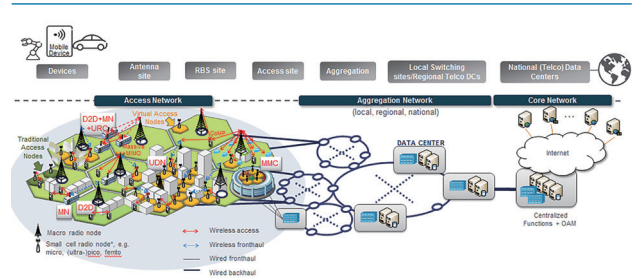


그림 1. METIS 프로젝트에서 5G 네트워크 구성

출처: METIS 2020 D6.4, "Final report on architecture"

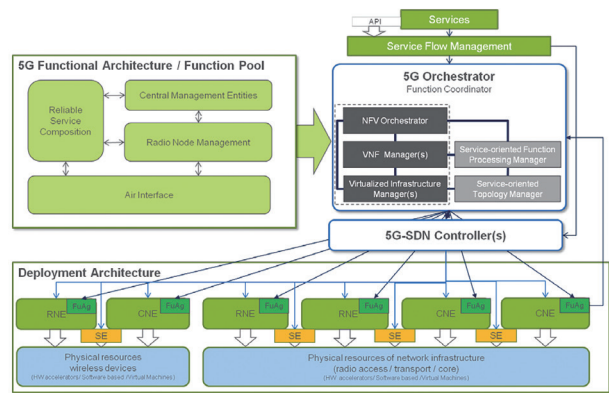


그림 2. METIS 프로젝트에서 Orchestration & Control 설계 구조

출처: METIS 2020 D6.4, "Final report on architecture"

토콜인 Openflow을 바탕으로 시작되었다. SDN은 기존 전달면(Forwarding Plane)과 제어면(Control Plane)을 분리시켜 중앙집중화 시키고 SDN 컨트롤러에 의해 네트워크 전체를 운용하고자 하는 개념이다. 각 노드에 분산되어 있던 기존 라우팅 프로토콜과 같은 제어부가 하는 역할을 하나의 SDN 컨트롤러에 중앙집중 시킴으로써 CAPEX와 OPEX를 혁신적으로 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 기존의 네트워크에서는 제공해 줄 수 없는 Service Chaining과 같은 새로운 서비스를 제공할 수 있다[3][5]. 대표적인 컨트롤러는 Linux Foundation 지원을 받는 OpenDayLight (ODL), ON.Lab에서 개발중인 ONOS(Open Networking Operating System), 스위치로서

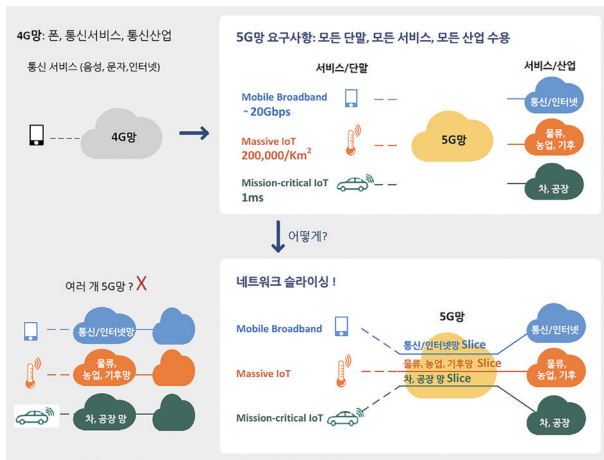


그림 3. NGMN 프로젝트에서 5G의 네트워크 슬라이스(Network Slicing) 구성
출처: Netmanias, "5G 핵심기술 - E2E Network Slicing: 뭐고, 왜 필요하고, 어떻게 만드나?"

NFV(Network Function Virtualization)은 기존 방화벽, NAT 장비와 같은 전용 장비인 미들박스 (Middlebox)를 범용 하드웨어를 바탕으로 소프트웨어로 구현하고자 하는 것을 말한다. 즉, 고가의 전용장비를 범용 하드웨어와 네트워크 기능(Network Function)의 합으로 대체함으로써 CAPEX와 OPEX를 줄이고자 하는 것이다. 대표적인 프로젝트로 ETSI NFV ISG와 Linux Foundation 지원을 받고 있는 OPNFV가 있다[5][6].

METIS 2020은 ETSI에 의해 추진되고 있는 5G 프로젝트로서 2012년 11월에 시작하여 2015년 6월에 종료된 METIS와 그 후속 프로젝트로 진행되고 있는 METIS-II가 있다. 현재 Ericsson, Huawei, NOKIA 등의 기업이 참여하고 있다. 2015년 2월, ETSI에서 5G에 대한 최종 설계의 보고서로 D6.4을 발표하였다. 이 문서에는 ETSI가 추구하는 5G의 전체 구조를 담고 있는데, <그림 1>에 METIS2020의 핵심 개념이 표현되어 있다. METIS 2020에서 제시하는 5가지 HT (Horizontal Topic)에 따르면 요구사항에 따라 액세스 네트워크(Access Network)와 코어 네트워크(Core Network)가 기능이 달라야 한다. HT 중 하나의 예를 들자면, 도심지와 같은 혼잡한 곳에서 폭증하는 데이터량을 해결하기 위한 고밀도의 네트워크인 UDN가 있다[7][8]. <그림 2>에 있는 5G 오케스트레이터(5G orchestrator)는 주어진 요구(HT) 의해 필요한 네트워크 기능(Network Function)을 VNF(Virtual Network Function) 형태로 코어 네트워크와 액세스 네트워크에 배포하게 된다.

NGMN은 2006년 이래로 진행되고 있는 프로젝트로 AT&T, BT, KT, SKT등이 참여하고 있다. METIS 2020의 최종 설계 보고서 발표일과 동일 시기인 2015년 2월, NGMN Alliance에서는 5G White Paper를 발표하였다. 그 내용 중 핵심이 되는

것 중 하나가 네트워크 슬라이스(Network Slicing)인데, 네트워크 슬라이스란 하나의 물리적인 네트워크를 SDN 기술을 이용하여 가상화 한 뒤 여러 개의 논리적인 망으로 운용하는 것을 말한다. 이렇게 망을 논리적으로 나눔으로써 용도에 맞게 논리적인 망을 서로 격리 시키고 그에 알맞은 네트워크 기능(Network Function)을 배치 시킬 수 있다. <그림 4>는 5G White Paper에 나오는 네트워크 슬라이스의 예시이다[3][11].

METIS 2020과 NGMN 모두 네트워크 자원을 가상화한다는 점에서 공통점이 존재하지만, 약간의 미묘한 차이가 존재한다. METIS 2020의 경우 각각의 셀(Cell)을 하나의 단위로 하여 가상화된 네트워크를 기반으로 UDN, D2D, MMC, MN 혹은 이것들의 복합된 것의 서비스를 제공하는 것에 초점을 맞추고 있다. 하지만 NGMN의 경우 하나의 물리적으로 동일한 네트워크에서 각각의 목적에 맞춰 네트워크 슬라이스를 구성하여 하나의 가상 네트워크가 하나의 목적에 의해 사용된다는 점에서 차이가 있어 보인다.

III. 자율제어 네트워크 동향

자율제어 네트워크(Autonomic networking, AN)는 인터넷이나 혹은 다른 형태의 네트워크가 급격히 커지고 복잡해지는 것을 해결하기 위해 2001년 IBM에 의해 제안되었다. 자율 네트워크에서는 자율은 자기 관리(Self-managing)을 의미하는 것으로 핵심 단어 이다. 자기(Self)란 관리 시스템이나 제어부에 독립적인 것을 말한다. AN을 정확히 이해하기 위해서는 우선 [1]에서 정의하는 요구사항(intent)과 자동화(Automatic), 자율화(Autonomic), 그리고 이와는 유의어 관계인 자율 시스템(Autonomous System, AS)이 무엇인지 알아야 한다.

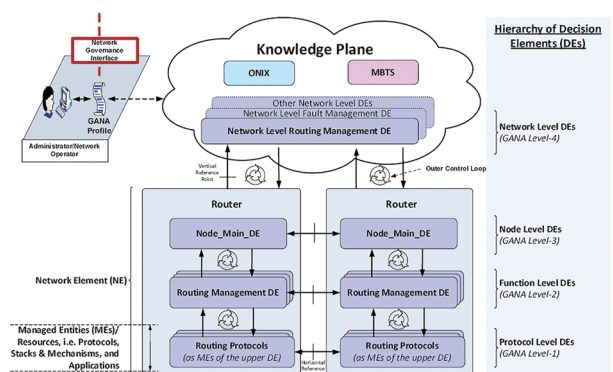


그림 4. GANA의 설계 구조
출처: ETSI, "ETSI GS AF1 002"

요구사항 - 망을 운용하기 위한 고 수준의 추상적인 정책을 말한다. 이 요구 사항은 라우터 등에 의해서 결정 될 수 없으며 반드시 사람에게 의해서 가치가 결정되는 것을 말한다. 예를 들면 QoS와 같은 정책 등이 있다.

자동화 - 사람이 없이 일어나고 사전 정의된 일련의 과정으로서 배치 프로세스(batch process) 나 스크립트 형태를 말한다. 만약 주어진 상황이 변화하게 되면 반드시 사람에게 의해서 변경 및 조작되어야 한다.

자율화 - 한 가지 단어로 정의하면 자기 관리(self-managing)로 정의된다. 이 자기 관리는 자기 설정(self-configuring), 자기 보호(self-protecting), 자기 복구(self-healing), 자기 최적화(self-optimizing)로 이루어진다. 이 자율화는 자동화와는 대조적으로 주어진 환경에 동적으로 변화 가능한 것을 말한다. 특히 자기 설정은 제어부로부터 요청 받은 요구사항(intent)를 분석하여 이루어 진다.

자율 시스템 - 자율 시스템은 인터넷에서 관리 정책이 같은 라우터의 집합을 말한다. 기존 OSPF 등과 같은 레거시 라우팅 프로토콜에서 쓰이는 개념이다[4].

AN의 전체적인 구조는 <그림 3>과 같다. AN은 제어부(Knowledge Plane)와 망 요소(Network Element)로 이루어져 있다. 제어부는 망 운영자로부터 추상적인 요구사항(intent)를 입력 받아 분석하여 구체적인 정책을 결정 한 후 망 전체에 정책을 일관되게 적용하는 역할을 한다.

SDN과 AN 모두 제어부(Controller)가 존재해서 얼핏 보기에 는 비슷해 보인다. SDN의 경우 제어부에 의해 모든 경로가 계산 되고 그 결과가 각 네트워크 노드에게 전달되어 네트워크 노드는 단지 다음 네트워크 노드로 전달(Forwarding) 역할을 할 뿐이다. 즉, L2 스위치로 동작한다고 볼 수 있다.

하지만 AN의 각 네트워크 요소(Network Element) 의 경우에는 각 네트워크 요소에서 OSPF, IS-IS와 같은 L3 프로토콜이 동작하며 경로를 계산한다는 점에서 기존 L3 라우터로 동작한다고 볼 수 있다. 각 네트워크 요소는 제어부로부터 정책을 지시 받는다. 이를 바탕으로 자기 설정 (Self-Configuration)이 이루어 지며 자신이 속한 네트워크에 맞춰서 현재 동작하는 라우팅 프로토콜의 파라미터 등을 최적화하는 자기 최적화(Self-optimization)가 이루어 진다.

AN과 관련된 프로젝트는 ANA와 AFI 및 GANA(General Autonomic Network Architecture)가 있다.

ANA - Autonomic Networking Architecture. EU IST FP6로 재정지원 받은 프로젝트로서 2006년에 시작해서 2009

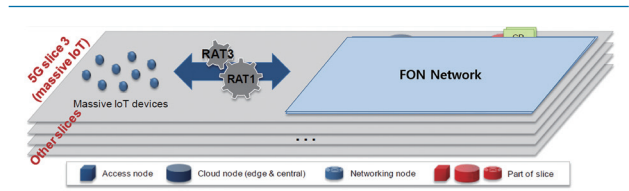


그림 5. NGMN 5G상에서 FON 네트워크가 위치하는 곳
출처: NGMN Alliance, "5G White Paper"

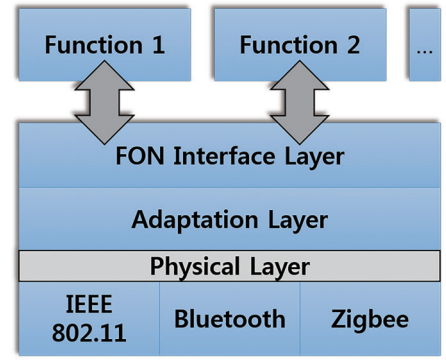


그림 6. FON 내부 구조

년 12월에 종료되었다.

AFI, GANA - ETSI에서 진행하는 AN 관련 프로젝트로 GANA에서는 OSI 모델과 같은 참조 모델을 제시하고 AFI은 그에 대한 구체적인 모델을 말한다.

IV. FON

앞서 5G 동향 분석에서 언급한 것처럼, 세부 사항은 다르지만 METIS나 NGMN 모두 공통된 핵심 목표는 네트워크를 가상화하여 특수한 목적에 맞게 서비스를 제공하는 것으로 보인다. 5G에서 네트워크 가상화를 제공해준다고 할 때, 실제 서비스를 제공하기 위해서는 동적으로 필요한 기능(Function)을 제공할 수 있어야 한다.

또한 IoT 등 수 많은 기기가 존재할 때에는 중앙집중 방식의 형태가 좋지 않다. 특히 Ad-hoc Network 형태의 네트워크와 빈번한 HO(Hand Over) 자율제어 네트워크가 적절해 보인다. 따라서 본고에서는 5G에서의 네트워크 가상화된 상황에서 IoT, MMC 환경에 특화된 네트워크로서 자율제어 네트워크 개념이 적용된 Function-Oriented Networking을 제안한다.

1. FON 구조

<그림 5>와 같이 이미 5G 상에서 FON을 위한 네트워크가 준

비되어 있다고 상정한다. <그림 5>는 NGMN에서의 네트워크 구조만 나타나 있지만 METIS에서 제시하는 네트워크에서도 동일한 개념으로 적용 가능하다. <그림 6>은 FON의 구조를 나타내고 있는데, 각 계층을 간단히 설명하면

물리 계층: 네트워크 내에서 다양한 종류의 IoT 기기들을 지원하기 위해서는 다양한 RAT(Radio Access Technology)을 지원할 수 있어야 한다. <그림 6>에는 IEEE 802.11, Bluetooth, Zigbee 등으로 표현되어 있다.

적용 계층: 각 IoT 기기들이 서로 다른 물리 계층을 갖더라도 추상화된 인터페이스를 제공해주기 위한 계층이다.

인터페이스 계층: 각 FON Function에게 인터페이스를 제공해주는 역할을 한다. 예를 들면, 라우팅 Function을 위한 인터페이스로 포워딩 테이블(Forwarding Table) 조작을 위한 인터페이스를 제공해준다면, IoT 기기를 관리하기 위한 Function에게 관련된 인터페이스를 제공해줄 수 있다.

자율제어 네트워크의 제어부로부터 각 FON 노드는 동적으로 Function을 배치하거나 제거할 수 있다. 이러한 점에서 5G에서 추구하는 동적인 NF의 배포라는 점에 부합한다.

2. GANA와 FON의 대응관계

GANA은 언급했듯이 자율제어 네트워크에서 OSI 모형과 같은 위치에 있다. GANA에서는 각각의 계층을 DE(Decision-making Element)로 정의하는 4개의 계층이 존재한다. 최상위 계층(Level-4 DE)은 자율제어 네트워크에서 단 하나만 존재하며 다른 모든 노드를 관리한다. 하위 세 개의 계층(Level-1 ~ Level-3 DE)은 각각의 네트워크 노드에 위치하게 된다. 이 각 계층은 FON에서 제공하는 인터페이스를 이용하여 구현할 수 있다.

3. FON 네트워크에서 라우팅 및 자율제어 시나리오

앞에서 각 DE는 FON 계층 상 위에서 구현될 수 있음을 설명했다. 망 관리자가 어떤 정책을 변경하였을 때 FON 네트워크가 어떤 식으로 동작하는지 설명한다.

최초 망 관리자가 각 노드에 필요한 기능을 FON Function의 형태로 배포하게 된다.

망 관리자가 망 관리 정책을 변경하기 위해서 추상적인 요구사항(intent, RFC 7575) 형태로 각 망에 전달한다.

각 노드에서는 이 요구사항(intent)를 전달받아 현재 동작하는 라우팅 프로토콜에게 전달할 파라미터(Parameter)를 결정하고 그 값을 계산한다(Level-2~3 DE).

마지막으로 각 노드에 동작하는 프로토콜 S/W(Level-1 DE)은 전달받은 파라미터를 이용하여 자신의 상태를 변경한다.

4. FON 네트워크에 어울리는 라우팅 프로토콜

IoT환경, USN(Ubiquitous Sensor Network) MANET(Mobile Ad-Hoc Network)와 같은 미래 인터넷의 경우 이전과 다른 기하 급수적인 노드를 처리할 수 있어야 한다. 또한 노드의 설치 및 효과적인 유지보수가 가능해야 한다. 따라서 네트워크 알고리즘은 네트워크 크기에 따라 확장 및 적응이 가능해야 한다. 이러한 환경에서 생체 모방알고리즘이 강점을 보인다 [9]. 특히 개미 군집 최적화(Ant Colony Optimization, ACO)을 이용한 라우팅 알고리즘은 AN에서 추구하는 목표인 Self-healing, Self-optimizing을 수행할 수 있다.

V. 결론

METIS프로젝트나 NGMN 프로젝트의 구체적인 견해는 다르지만, 5G에서 네트워크 가상화를 통한 네트워크 기능의 배치한다는 점에서는 이견이 없다고 생각한다. 이러한 배경에서 본고에서는 5G 이동통신망의 가상화된 네트워크 상에서 IoT에 특화된 형태로 자율네트워크 기반의 FON의 구조를 제안하였다. 또한 센서 네트워크와 IoT 기반 네트워크/MANET에서는 생체 모방 알고리즘을 기반으로 한 라우팅 알고리즘이 기존 알고리즘 대비 더 좋은 성능을 보일 것이라 기대된다.

약어

AN	Autonomic Networking
AFI	Autonomic network engineering for the self-managing Future Internet
CAPEX	Capital Expenditure
D2D	[METIS] Device-To-Device
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
IoT	Internet of Things
MANET	Mobile Ad-Hoc Network
MMC	[METIS] Massive Machine Communication
MN	[METIS] Moving Network
NGMN	Next Generation Mobile Networks
NFV	Network Function Virtualization
UDN	[METIS] Ultra-Density Network
OPEX	Operating Expenditure
POC	Proof Of Concept
QoS	Quality of Service
RAT	Radio Access Technology
SDN	Software Defined Networking
USN	Ubiquitous Sensor Network
UDN	[METIS] Ultra-Dense Network

참고 문헌

- [1] M. Behringer 외 “Autonomic Networking: Definitions and Design Goals,” Internet Society, RFC 7575
- [2] NGMN Alliance, “5G White Paper,”
- [3] 최태상, 강세훈 외, “버블기를 넘어선 SDN 기술 동향 및 발전 전망,” 전자통신동향분석 29권 4호, pp. 123-136
- [4] J. Hawkinson 외 “Guidelines for creation, selection, and registration of an Autonomous System (AS),” Internet Society, RFC 1930
- [5] 이범철, 양상희 외” SDN/NFV/Cloud 동향, “ 전자통신동향분석 30권 1호, pp. 87-93
- [6] 박종근, 이상민 외” OPNFV 프로젝트 특징 및 ARNO 배포 판 분석,” 전자통신동향분석 30권 4호 151-161
- [7] METIS, “Initial report on horizontal topics, first results and 5G system concept,”
- [8] METIS, “Final report on architecture,”
- [9] 최현호, 이정륜” 생체모방 알고리즘 기반 통신 네트워크 기술,” 한국통신학회지 (정보와통신) 제29권 제4호, pp. 62-71
- [10] 최현호, 노봉수 외” 이동 애드혹 네트워크를 위한 생체모방 라우팅 프로토콜,” 한국통신학회논문지 제40권 제11호, pp. 2205-2217
- [11] 유창모, 손장우” 5G와 E2E Network Slicing - 뭐고, 왜 필요하고, 어떻게 만드나?,” NETMANIAS TECH-BLOG(<http://www.netmanias.com>).
- [12] 오승훈, 고석갑 외 “ 이동통신 기반 IoT 장치관리 표준 프로토콜 동향,” 전자통신동향분석 30권 1호 pp. 94-101
- [13] 김근영, 이상호 외 “ 5G 통신 동향,” 전자통신동향분석 30권 1호 pp. 1-11

약 력



심 영 보

2015년 경희대학교 전자전파/컴퓨터공학 학사
 2015년~현재 경희대학교 석사
 관심분야: 이동통신, 소프트웨어 기반 네트워킹,
 개미 군집 최적화



김 기 정

2012년 경희대학교 컴퓨터공학과 학사
 2014년 경희대학교 컴퓨터공학과 석사
 2014년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 관심분야: 이동통신, 소프트웨어 기반 네트워킹



이 성 원

1994년 경희대학교 공학사
 1996년 경희대학교 공학석사
 1998년 경희대학교 공학박사
 1984년~1998년 (주)미디어콤
 1999년~2008년 (주)삼성전자
 2008년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 부교수
 관심분야: 이동통신, 소프트웨어 기반 네트워킹