

LTE 기반 철도 무선망의 신뢰성 및 가용성 향상을 위한 네트워크 기능 가상화

오봉환, 박성수*, 김영주*, 이재용
연세대학교, 한국철도기술연구원*

요약

본 고에서는 최근 큰 관심을 받고 활발하게 연구 개발이 이뤄지고 있는 네트워크 기능 가상화(NFV; Network Functions Virtualization) 기술을 LTE(Long Term Evolution) 기반 철도 무선망에 적용할 것을 제안하고, 신뢰성, 가용성, 확장성을 중심으로 기대효과를 분석한다. LTE 기반 철도 무선망 관련 국내표준과 부산도시철도 1호선 구축 사례를 바탕으로 LTE 기반 철도 무선망의 요구사항을 소개하고, Cloud-RAN과 네트워크 이중화 사례를 통해 NFV 기술 도입에 따른 기대효과를 분석한다.

I. 서론

LTE(Long Term Evolution) 기반 철도 무선망은 열차제어 정보 전송, 그룹통화 등 철도 환경에 특화된 다양한 통신 서비스를 제공하기 위한 LTE 기반 무선통신시스템으로, 음성 서비스, 데이터 서비스, 영상 서비스, 통화 관련 서비스 및 철도 특화 서비스를 제공한다. LTE 기반 철도 무선망을 활용하면, 철도 이용객에게 철도 연계교통정보, 여행정보, 역사 및 객차 내 편의 시설 정보 등 다양한 맞춤 서비스 제공이 가능하고, 무선통신을 기반으로 열차제어 정보, 역사 및 열차 상태정보를 제공함으로써 열차 운영효율성을 개선할 수 있다. 또한, 열차의 운행·고장·지진감시 정보 및 철도시설물의 원격감시·분석 정보를 실시간으로 제공함으로써 안전을 확보하고 유지보수 업무 효율성을 향상시킬 수 있다.

유럽에서는 2020년까지 GSM-R(Global System for Mobile Communications-Railway)을 대체하여 LTE 기반 철도 무선망을 상용화하기 위한 개발을 추진하고 있으며, 국내에서는 한국철도기술연구원이 2013년 대불선 일로역~대불역 11.25km 구간 및 2014년 호남선 광주송정역~일로역 54.2km 구간에서 LTE 기반 철도 무선망 개발 및 성능 검증을 수행한 바 있다[1]. 이를 바탕으로, 2014년 10월에 'LTE 기반 철도통신 기능 요구

사항(TTAK.KO-06.0369)'과 'LTE 기반 철도통신 사용자 요구사항(TTAK.KO-06.0370)'이라는 국내표준이 제정되었다[2][3]. 부산교통공사는 국내 최초로 2016년 11월말까지 부산도시철도 1호선 41km 구간 전체에 LTE 기반 철도 무선망을 구축할 계획이며, 국토교통부는 2025년까지 전국 4800km 철도 구간을 LTE 기반 철도 무선망으로 교체할 계획이다.

LTE 기반 철도 무선망은 철도 환경에 특화된 다양한 통신 서비스를 제공하기 위하여 다음과 같은 특징을 갖는다. ① 열차 제어 데이터 전송, 그룹 음성통화, 그룹 영상통화, 기능 어드레싱, 위치기반 어드레싱, 철도 긴급전화, 입환모드, 직접통신 등의 철도 특화 서비스를 제공하여야 한다. ② 도시/일반/고속철도 운영기관별로 LTE 기반 철도 무선망을 독립적으로 구축함에 따라 노선별 혹은 운영기관별로 기능 및 사용자 요구조건이 상이하다. ③ 신규 노선 건설 및 기존 노선 무선설비 교체 등에 따라 노선 별로 순차적으로 LTE 기반 철도 무선망을 도입할 경우에 대비하여 높은 확장성(scalability)이 요구된다. ④ 무인운전 및 선행열차와 후행열차간 안전간격 유지 등을 위한 열차 제어정보를 전송하여야 하므로 높은 신뢰성(reliability)과 가용성(availability)이 요구되며, 이를 위해 기지국 장비, 코어장비, 서버 등의 네트워크 장비의 이중화가 필요하다. ⑤ 향후 실시간 열차 모니터링, 사물인터넷 기반 철도안전관리 등 LTE 기반 철도 무선망을 활용한 다양한 철도 응용 서비스 개발에 따라 데이터 트래픽이 급증할 것으로 예상된다.

철도 응용 서비스의 데이터 트래픽 급증 및 노선별 순차적 도입에 대비한 확장성을 지원하고, 다양한 철도 특화 기능을 효율적으로 관리하기 위하여 차세대 네트워크 기술인 네트워크 기능 가상화(NFV; Network Functions Virtualization) 기술이 주목받고 있다. NFV 기술은 범용의 표준화된 대용량의 서버, 스토리지, 스위치에 다양한 네트워크 장비의 기능을 통합함으로써 네트워크 인프라와 네트워크 서비스를 운용하는 방식을 기존의 하드웨어 중심에서 소프트웨어 중심으로 전환하는 기술이다.

본 고에서는 NFV 기술을 LTE 기반 철도 무선망에 적용할 것을 제안하고, 신뢰성, 가용성, 확장성을 중심으로 기대효과를 분석한다. 2장에서 LTE 기반 철도 무선망의 기능 및 사용자 요구

사항을 분석하고, 3장에서 NFV 기술을 간략히 소개한다. NFV 기술을 LTE 기반 철도 무선망에 적용함으로써 얻을 수 있는 기대효과를 4장에서 분석하고, 5장에서 본 고의 결론을 맺는다.

II. LTE 기반 철도 무선망 요구사항

본 장에서는 [2] 및 [3]에 정의된 LTE 기반 철도 무선망의 기능 및 사용자 요구사항과 부산도시철도 1호선 구축 사례를 분석하여 신뢰성, 가용성, 확장성을 중심으로 LTE 기반 철도 무선망의 특징을 소개한다.

1. 기능 및 사용자 요구사항

‘LTE 기반 철도통신 기능 요구사항(TTAK, KO-06.0369)’은 열차/신호제어서비스, 비상연락서비스, 화재감시/영상감시서비스 등의 철도서비스 및 음성송수신, 데이터송수신, 영상송수신 기능, 철도특화 기능 등의 통신망 서비스를 제공하기 위하여 <그림 1>의 참조 모델을 바탕으로 서비스 요구사항, 성능 요구사항, 기능 요구사항을 정의하고 있다[2]. ‘LTE 기반 철도통신 사용자 요구사항(TTAK, KO-06.0370)’은 기존의 열차 음성통신 방식인 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA를 LTE 기반으로 일원화하고, 열차 운행의 고밀도화, 실시간 열차 모니터링, 열차 제어 정보 전송 기능, 유지 보수 기능, 무인운전을 위한 차내 모니터링과 관제기능 등 시너지 효과 창출을 위해 철도 네트워크의 각 기능이 통합되어 운용되기 위해서 필요한 사용자 요구사항을 정의하고 있다[3].

LTE 기반 철도 무선망은 기지국 장비(RRU, DU), 코어장비(S/P-GW, MME, LSM, HSS, PCRF), 철도통신 서비스 서버(Call 서버, PTT 서버, 다자간 통화 서버, 영상 서버, 관제 서버, 녹취 서버) 및 무선 장치(차량 이동국 장치, 휴대용 무선 장치, 관제사 장치, M2M 무선장치)로 구성되며, <표 1>과 같이

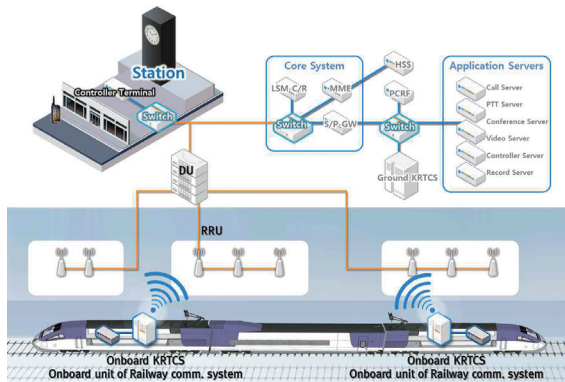


그림 1. LTE 기반 철도 통신 시스템 참조 모델 [2]

음성, 데이터, 영상, 통화 서비스 뿐만아니라 기능 어드레싱, 위치기반 어드레싱, 철도 긴급전화, 입환모드, 직접통신 등의 철도 특화 서비스를 제공하여야 한다.

표 1. LTE 기반 철도 무선망 기능 요구사항 [2]

서비스	세부 서비스
음성 서비스	개별 음성통화, 공공 긴급전화, 방송 음성통화, 그룹 음성통화, 다자 간 음성통화
데이터 서비스	멀티미디어 메시지 서비스, 일반 데이터 서비스, 열차 제어 서비스
영상 서비스	개별 영상통화, 그룹 영상통화, 영상 정보전송
통화 관련 서비스	착신/발신 사용자의 ID표시, 착신/발신 사용자의 표시제한(optional), 우선순위 및 선점권, 폐쇄형 사용자 그룹, 착신전환, 통화보류, 통화대기, 과금 정보(optional), 통화제한, 자동응답 서비스, 모든 음성/영상 통화 녹취
철도특화 서비스	기능 어드레싱, 위치기반 어드레싱, 철도 긴급전화, 입환모드, 직접통신(optional)

또한, LTE 기반 철도 무선망은 <표 2>와 같이 커버리지, 통화 설정시간, 핸드오버 성공률, 호접속 성공률, 장시간 접속 절단율, 열차제어데이터 전송, 네트워크 이중화, 방송 및 그룹통

표 2. LTE 기반 철도 무선망 성능 요구사항 [2]

항목	내용
커버리지 및 성능	커버리지는 시간적·공간적으로 연속적이어야 하며, 안정성을 보장하기 위해 시간적·공간적 범위는 외부 안테나가 설치된 차량을 기준으로 98% 이상이어야 한다. 네트워크는 철도 통신용 이동 단말을 수용할 수 있어야 한다. 시스템은 선로 제한속도나 500 km/h 중 더 낮은 속도로 이동할 때 통신을 제공 하여야 한다.
통화 설정 시간	철도 긴급 통화 < 1초(90%), < 2초(100%) 방송 및 그룹통화 < 1초(90%), < 2.5초(100%) 상기 사항에 의해 해당 되지 않는 모든 음성/영상 통화 < 3.5초(90%), < 5초(100%)
핸드오버 성공률	네트워크는 끊김없는 데이터 전송이 가능해야 하며 핸드오버 성공률은 99% 이상이어야 한다.
호접속 성공률	통화 호 접속 성공률은 99% 이상이어야 한다.
장시간 접속 절단율	장시간 통화를 하면서 시간당 0.01회 이하의 절단율을 보장해야 한다.
열차 제어 데이터 전송	네트워크는 열차 제어를 위한 데이터 전송을 위해 99% 이상의 데이터 신뢰성을 보장해야 한다. 열차 제어 데이터는 가장 높은 수준의 우선순위를 가져야 한다.
네트워크 이중화	기지국 장비, 코어장비, 서버 등의 네트워크는 안정성 및 가용성을 위해 이중화되어야 한다.
방송 및 그룹통화 구역	어떤 규정된 구역 내에 있는 무선 장치는 방송 및 그룹통화에 참여할 수 있고, 통화 중에 방송 및 그룹통화 구역을 벗어나는 무선 장치는 통화에서 제외된다.

화 등의 성능 요구사항을 만족시켜야 한다. LTE 기반 철도 무선망의 신뢰성 및 가용성 보장을 위하여 열차 제어 데이터 전송 시 99% 이상의 데이터 신뢰성을 보장할 것과 기지국 장비, 코어 장비, 서버 등의 네트워크 장비를 이중화할 것을 요구하는 것이 특징이다.

LTE 기반 철도 무선망의 사용자 기능적 요구사항 및 사용자 비기능적 요구사항은 <표 3> 및 <표 4>와 같으며, 3GPP LTE Rel. 9 이상의 표준 스펙에 만족하는 시스템 성능을 만족할 것을 요구하는 것이 특징이다.

표 3. LTE 기반 철도 무선망 사용자 기능적 요구사항 [3]

항목	내용
1	이동 무선 장치는 개별적으로 식별(장치 인증)이 되어야 한다.
2	차량 이동국 장치는 열차 충돌, 유고 등 철도 운용에 있어 안전에 관계된 경고 메시지를 전달할 수 있어야 한다.
3	차량 이동국 장치는 철도 긴급 통화를 위한 하드웨어 버튼을 제공해야 한다.
4	휴대용 무선 장치는 철도 긴급 통화를 위한 하드웨어 나 소프트웨어 버튼을 제공하여야 한다.
5	이동 무선 장치는 위치정보를 사용 할 수 있어야 한다.
6	이동 무선 장치는 착/발신 사용자 ID 표시가 되어야 한다.
7	이동 무선 장치의 소프트웨어와 정보는 자동으로 업데이트 되어야 한다.
8	이동 무선 장치는 선로 제한속도나 500km/h중 더 낮은 속도에서도 지원되어야 한다.
9	이동 무선 장치는 실시간으로 데이터 패킷 처리가 되어야 한다.
10	이동 무선 장치는 개별, 그룹, 다자간 음성통화를 사용 할 수 있어야 한다.
11	이동 무선 장치는 개별, 그룹 영상 통화를 사용 할 수 있어야 한다.
12	이동 무선 장치는 사용자 인증을 수행하여야 한다.

표 4. LTE 기반 철도 무선망 사용자 비기능적 요구사항 [3]

항목	내용
1	LTE기반 철도통신 시스템은 3GPP Rel.9 이상의 표준 스펙에 만족하는 시스템 성능을 만족해야 한다.
2	휴대용 무선 장치는 휴대성 및 이동성을 고려하여 소모전력이 적어야 한다.
3	이동 무선 장치는 단말기에 대한 통신 보안 수준이 일정 수준 이상 보장되어야 한다.
4	휴대용 무선 장치는 휴대성을 고려하여 전자파 등으로부터 인체에 무해하게 제작되어야 한다.
5	휴대용 무선 장치는 열차관련 응용프로그램 및 사용자 인터페이스 기능과 무선 프로토콜 인터페이스 기능으로 구성 되어야 한다.
6	휴대용 무선 장치는 사용자의 편의를 위하여 사용법이 간단해야 한다.

2. 부산도시철도 1호선 구축 사례

부산도시철도 1호선 LTE 기반 철도 무선망은 [2]와 [3]에 정의된 기능 및 사용자 요구사항 및 3GPP 국제규격을 준수하여 관계사, 승무원, 역무원, 유지보수원간 개별·그룹·긴급통화 서비스 및 외부 재난관련기관과의 양방향 통신을 제공하는 것을 목표로 구축 중이다. 부산도시철도 1호선 LTE 기반 철도 무선망은 <그림 2>와 같이 주장치(EPC), 기지국장치(DU), 중계기장치(RU), 이동국장치, 휴대용 무선기 등으로 구성된다[4].

주장치는 열차무선설비의 모든 장치를 제어 및 관리하는 장치로서 열차무선설비에서 발생하는 모든 호(음성, 영상 및 데이터)를 제어하고, 무선통신망을 관리하는 역할을 담당하며, 주제어장치(EPC, HSS, PCRF), CALL 서버, PTT 서버, 지령서버 등으로 구성된다. 기지국장치는 역사 통신기기실 및 본사에 설치하여 주장치, 중계기장치, 이동국장치 및 휴대용 무선기의 음성, 영상, 데이터 정보를 송·수신하기 위한 장치이며, 중계기장치는 역사 대합실, 승강장, 본선, 차량기지, 본사에 설치하여 무선통신망을 제공한다. 이동국장치는 열차의 선두/후미차 및 모터카에 설치하여 관계조작반, 단말장치 등과 음성, 영상, 각종 데이터를 송/수신하는 역할을 담당하며, 휴대용 무선기는 관계사, 기관사, 유지보수원, 역무원, 본사 직원 등 상호간 음성 통화, 영상통화 및 데이터 전송을 위해 사용된다.

LTE 기반 철도 무선망의 주장치, 기지국장치, 중계기장치 등은 열차 운행 최소간격과 최대 편성수로 운행시에도 열차무선 서비스를 제공할 수 있는 용량이어야 하며, 이동국장치, 휴대용 무선기 등 장소별 가입자 분포와 재난 및 사고 등의 트래픽과 향후 확장성을 고려한 충분한 용량으로 구축할 것을 요구한다. 특히, EPC, HSS, PCRF 등의 주제어장치는 기존에 운영중인 1, 2, 3, 4호선과 사상~하단, 노포~북정 등 향후 건설 예정인 노

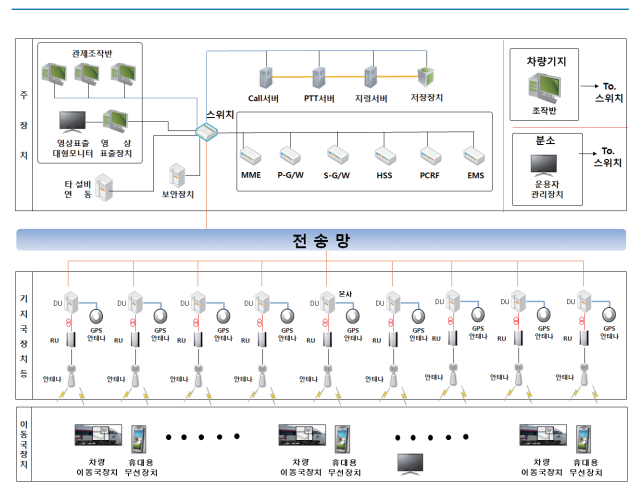


그림 2. 부산도시철도 1호선 LTE 기반 철도 무선망 구성도 [4]

선의 가입자를 수용할 수 있는 충분한 용량이어야 하며, 용량 증설시 추가 확장이 가능하여야 한다. 또한, 가용성을 높이기 위하여 주장치와 기지국장치는 전송설비와 이더넷으로 이중망으로 구성하고, 주제어장치의 주요 장치를 이중화할 것을 요구한다.

III. 네트워크 기능 가상화

본 장에서는 LTE 기반 철도 무선망에서 요구하는 신뢰성, 가용성 및 확장성을 지원하기 위한 기술로 주목받고 있는 NFV 기술을 간략히 소개한다.

1. 개요

NFV는 기존 네트워크 내 하드웨어로 구현된 기능을 소프트웨어로 구현하고, 이를 가상화 플랫폼 위에 가상 머신을 통해 제공함으로써 물리적인 자원에 제한받지 않고 네트워크 트래픽 및 성능 요구사항에 따라 동적으로 자원을 할당할 수 있다는 장점이 있다. NFV 프레임워크는 <그림 3>과 같이 Virtualized Network Functions(VNF), Network Function Virtualization Infrastructure(NFVI) 및 NFV Management and Orchestration(MANO)로 구성된다. VNF는 가상화된 네트워크 기능을 의미하며, NFVI는 컴퓨팅, 스토리지, 네트워크 기능을 지원하는 물리적 하드웨어 자원을 가상화하여 VNF를 생성 및 실행시킬 수 있도록 지원한다. MANO는 가상화된 네트워크 이미지들의 생명 주기를 관리하고 다양한 정책들을 적용시키며 NFVI 구성 요소와 네트워크 서비스의 자원을 조율하는 역할을 한다.

2. ETSI NFV ISG

NFV는 표준화 단체인 ETSI(European Telecommunications Standards Institute) NFV ISG(Industry Specification

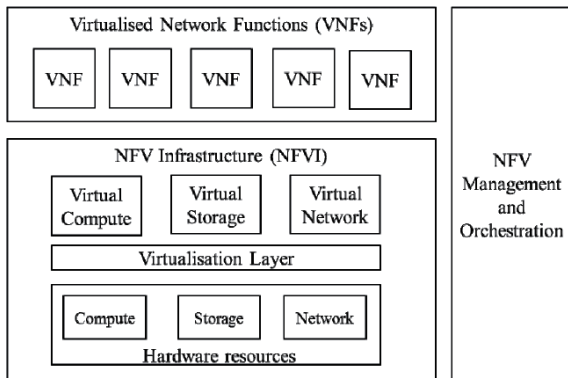


그림 3. NFV 프레임워크 [5]

Groups)에서 표준화를 진행하고 있다[6]. ETSI NFV ISG에서는 Phase 1을 통해 NFV 기본 구조, 요구사항, 유즈 케이스 규격을 비롯하여 관리 및 오케스트레이션, 소프트웨어 기능 구조, 가상 자원 인프라 구조 등의 산업 규격을 제정하였고, 멀티 벤더 제품 간 상호호환성을 보장하기 위한 규격 개발과 관련 지원 활동에 초점을 맞추어 Phase 2를 진행 중에 있다[7]. ETSI NFV Phase 2는 NFV 기술의 진화 및 에코시스템 발굴을 수행하는 EVE(Evolution and Ecosystem) 워킹그룹, NFV 기능의 인터페이스 및 기능 구조에 대한 규격을 개발하는 IFA(Interface & Functional Architecture) 워킹그룹, NFV 기능의 오류, 동작 모니터링, 오류 방지 기능에 대한 규격을 개발하는 REL(Reliability) 워킹그룹, NFV 기능의 상호 운용성,

표 5. 모바일 네트워크 분야 NFV PoC [8]

번호	PoC 제목	적용 기술 내용
PoC#5	E2E vEPC Orchestration in a multi-vendor open NFVI environment	가상 EPC 대상 멀티 벤더가 개발한 NFVI간 연동 및 오케스트레이션 기술
PoC#6	Virtualised Mobile Network with Integrated DPI	vEPC 구성하는 VNFs 대상 NFV 환경에서 자동 배치 및 성능이 고려된 실행이 가능함을 시험
PoC#11	Multi-Vendor onboarding of vIMS on a cloud management framework	IMS 서비스를 대상으로 VNF 자동 생성, 배치 기능 수행. 이를 위한 가상 자원 할당 기능 수행
PoC#15	Subscriber Aware SGi/Gi-LAN Virtualization	3GPP 모바일 네트워크 SGi/Gi 인터페이스에서 여러 VNF들로 서비스 체인을 구성하고 서비스 제공하는 시나리오
PoC#23	E2E orchestration of virtualized LTE core-network functions and SDN-based dynamic service chaining of VNFs using VNF FG	가상 LTE 네트워크 환경에서 여러 VNFs (e.g., vEPC, vIMS, value-add services) 관리 및 오케스트레이션 기술
PoC#25	Demonstration of Virtual EPC (vEPC) Applications and Enhanced Resource Management	AMD's ARM & x86 플랫폼상에서 vEPC 기능 시험 및 트래픽 관리 기능 수행
PoC#27	VoLTE Service based on vEPC and vIMS Architecture	멀티 벤더 NFV 환경에서 vEPC & vIMS 기반 VoLTE 서비스 제공
PoC#30	LTE Virtualized Radio Access Network (vRAN)	LTE FDD를 지원하는 가상 RAN 환경에서의 서비스 제공 및 data & control plane에서의 트래픽 처리 성능 측정

시험 등을 수행하는 TST(Testing, Implementation & Open source) 워킹그룹, NFV 구조에서의 보안 관련 규격을 개발하는 SEC(Security) 워킹그룹 등으로 구성된다.

ETSI NFV ISG에서는 산업 규격 제정과 함께 NFV 개념 및 기술에 대한 적용 가능성을 타진하기 위해 PoC(Proof of Concepts) 프로젝트를 동시에 진행하고 있다. PoC의 주요 목적은 ETSI NFV 그룹에서 제정하고 있는 NFV 기술 개념과 주요 네트워크 가상화를 지원하는 기능 블록 그리고 이들간의 인터페이스들에 대한 기술 검증을 위한 것으로, 클라우드 데이터 센터, 모바일 네트워크, 서비스 체이닝 기술, NFV 오케스트레이션, SDN(Software Defined Networking) 기술, CDN(Content Delivery Network), Acceleration 기술 등 다양한 분야에서 PoC 프로젝트가 진행 중이다. 특히, 상대적으로 네트워크 장비가 고가이고, 폐쇄적이며, 복잡한 구조를 갖고 있는 모바일 네트워크 환경에서 NFV 기술을 검증하기 위하여 <표 5>와 같이 다양한 PoC 프로젝트가 진행되었다[8].

3. OPNFV

Open Platform for NFV(OPNFV)는 통신사업자의 요구를 충족하는 동시에 NFV 기반의 새로운 서비스와 솔루션 개발을 촉진할 수 있는 통신 장비급(carrier-grade)의 공개 소프트웨어 기반 NFV 참조 플랫폼을 개발하기 위한 프로젝트이다[9]. OPNFV 프로젝트는 OpenDaylight, OpenStack 등의 오픈 소스 프로젝트를 적극적으로 활용하여 각 오픈 소스 프로젝트들이 제공하는 기능들을 활용하고 서로간의 호환성을 제공하여 통합적인 NFV 기술 플랫폼을 제공하는 것을 목표로 하며, 이를 위해 요구사항, 통합 및 검증, 협력개발, 문서화 분야의 하부 프로젝트를 진행 중에 있다. 특히, 신뢰성, 가용성, 확장성과 관련하여 <표 6>과 같이 Doctor, Availability, Prediction 등의 하부 프로젝트를 진행하였다.

표 6. 신뢰성, 가용성, 확장성 관련 OPNFV 하부 프로젝트 [9]

하부 프로젝트	수행 내용
Doctor (Fault Management and Maintenance)	가상 인프라 상에서 운용되는 네트워크 서비스의 고가용성을 보장하기 위해 결함을 관리하고 시스템을 유지하는 프레임워크 수립
Availability (High Availability)	통신장비 수준의 고가용성을 제공하기 위해 하드웨어, 가상 인프라 및 서비스 고가용성에 대한 요구사항 개발
Prediction (Data Collection for Failure Prediction)	예기치 못한 NFV 시스템 고장을 미연에 방지하기 위해 데이터를 수집하며, 고장을 예측하고 관리하는 고장 예측 시스템 요구사항 개발

IV. LTE 기반 철도 무선망의 신뢰성 및 가용성 향상을 위한 네트워크 기능 가상화

NFV 기술은 전용 하드웨어로 구현된 응용 서비스를 표준화된 상용 하드웨어 플랫폼 상에서 통합하고 운용을 자동화함으로써 경제성을 확보하고, 동적으로 변하는 사용자의 수요에 대응하기 위한 유연성과 민첩성을 지원하며, 지연시간, 대역폭 등의 서비스 품질을 제공하기 위해 네트워크 상의 다양한 위치에 네트워크 기능을 분산함으로써 네트워크 성능을 최적화시킬 수 있다. 또한, 신뢰성, 가용성 및 확장성 측면에서도 다음과 같은 장점을 갖는다.

NFV 기반으로 LTE RAN(Radio Access Network)을 Cloud-RAN으로 가상화할 경우, <그림 4>와 같이 기존의 기지국(eNB)에서 L1/L2/L3 신호처리를 하는 BBU(Baseband Unit)와 RF 신호의 송수신을 위한 증폭 및 송출을 담당하는 RRH(Remote Radio Head)를 분리하여 RRH는 무선 접속지역에 설치하고 여러 BBU를 중앙의 기지국에 집중시킴으로써 가용성을 높이고 운영 및 유지 보수 비용을 절감할 수 있다. 또한, 가상화된 BBU의 하드웨어 및 소프트웨어 고장을 자동으로 복구함으로써 <그림 5>와 같이 기지국 고장에 의한 연간 서비스 중단시간(cell area downtime)을 기존의 18.8분에서 5.8분으로 개선하고, 비계획적 고장에 따른 정비 활동(unplanned maintenance actions)도 감소시킬 수 있다[10].

LTE 기반 철도 무선망의 고가용성을 보장하기 위해서는, 전용 하드웨어를 이중화하거나, 네트워크 기능 혹은 응용 서비스 수준에서 이중화를 구현하거나, NFV 기반으로 네트워크 기능

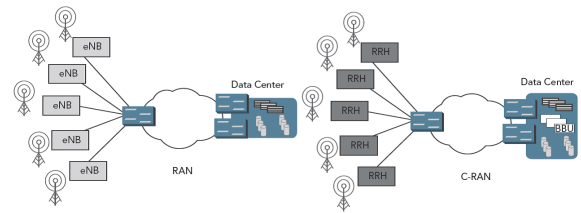


그림 4. RAN 및 Cloud-RAN 구조 [10]

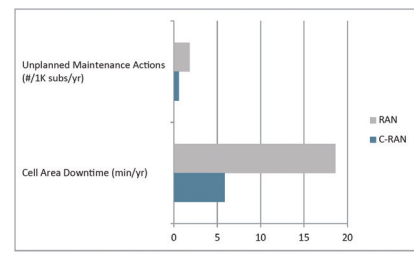


그림 5. RAN과 Cloud-RAN의 연간 서비스 중단시간 및 비계획적 정비활동 비교 [10]

참고 문헌

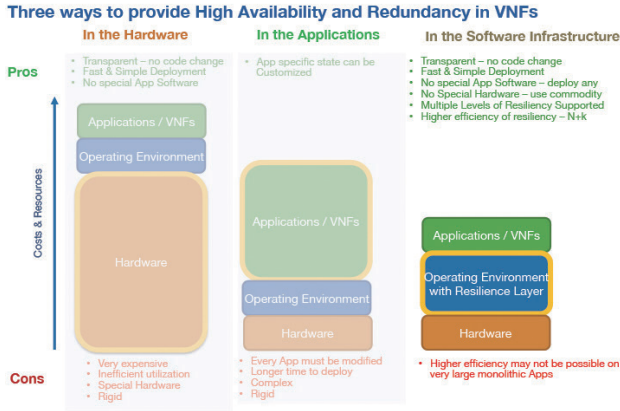


그림 6. 네트워크 이중화 기법 비교 [11]

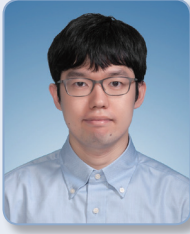
을 VNF로 가상화하여 이중화하는 방법을 고려할 수 있다. 네트워크를 구성하는 전용 하드웨어를 이중화할 경우, 전용 하드웨어의 추가 설치로 인해 설비투자비용(CAPEX)이 상승하고, 장비 이용 효율이 낮아지는 단점이 있다. 네트워크 기능 혹은 응용 서비스 수준에서 이중화를 구현할 경우, 기존의 네트워크 기능 소프트웨어를 개별적으로 수정하여야 하므로 매우 비효율적이고 구현 복잡도가 높아지며 추가 개발 비용이 필요하다. 이에 반해, NFV 기반으로 컴퓨팅, 스토리지, 네트워크 기능을 지원하는 물리적 하드웨어 자원을 가상화하여 복수개의 VNF를 실행하는 방식으로 이중화하는 경우, 전용 하드웨어 장비가 필요 없으므로 빠르고 쉬운 구축이 가능하고, VNF의 수정이 불필요하며, 하드웨어 플랫폼 고장시 CPU, Memory, Storage 등 추가적인 하드웨어 자원을 할당함으로써 서비스 중단을 막을 수 있는 장점이 있다. <그림 6>에 고가용성을 보장하기 위한 네트워크 이중화 기법 3가지의 장단점을 비교하였다.

V. 결론

본 고에서는 최근 큰 관심을 받고 활발하게 연구 및 개발이 이뤄지고 있는 NFV 기술을 LTE 기반 철도 무선망에 적용할 것을 제안하고, 기대효과를 분석하였다. 먼저, 신뢰성, 가용성, 확장성을 중심으로 LTE 기반 철도 무선망의 기능 및 사용자 요구사항과 부산도시철도 1호선 구축 사례를 분석하고, NFV 기술 개요 및 표준화 동향을 간략히 소개하였다. 마지막으로, Cloud-RAN과 네트워크 이중화 사례분석을 통해 NFV 기술 도입에 따른 기대효과를 제시하였다. 본 고에서 제안한 NFV 기술과 함께 SDN(Software Defined Networking) 기술을 활용함으로써 LTE 기반 철도 무선망의 신뢰성 및 가용성을 보다 개선할 수 있을 것으로 기대한다.

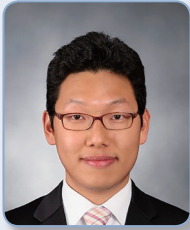
- [1] 송용수, 김용규, 백종현, “철도전용 통합무선망 개발” 한국철도학회 논문집 제16권 제6호, 2013.12., pp.551-557.
- [2] TTA, KO-06.0369, “LTE 기반 철도 통신 기능 요구사항”, 2014. 10. 13.
- [3] TTA, KO-06.0370, “LTE 기반 철도 통신 사용자 요구사항”, 2014. 10. 13.
- [4] 부산교통공사, “부산도시철도 1호선 열차무선설비 구매 설치 제안요청서”, 2015.4.
- [5] ETSI, GS NFV 002 V1.2.1, Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework, 2014.12.
- [6] ETSI, “Network Functions Virtualisation,” White paper, 2015. (<http://www.etsi.org>)
- [7] 이중화, “ETSI NFV Phase-2 표준화 동향”, TTA Journal Vol.157, pp.47-53, 2015.
- [8] TTA, ETSI NFV PoC 기술 분석서 (draft).
- [9] 박종근, 이상민, 윤승현, 이범철, “OPNFV 프로젝트 특징 및 ARNO 배포판 분석”, 전자통신동향분석 30권 4호, 2015. 08.
- [10] Wind River, “Wireless Network Virtualization: Ensuring Carrier Grade Availability”, 2014.
- [11] Stratus, “Ensuring Carrier Grade Service Levels in the New Virtualized World”, 2015.

약 력



오 봉 환

2009년 연세대학교 공학사
2011년 연세대학교 공학석사
2011년~현재 연세대학교 전기전자공학부 박사과정
관심분야: 인터넷 프로토콜, 이동통신 네트워크 구조



박 성 수

2006년 연세대학교 공학사
2008년 연세대학교 공학석사
2010년~2011년 Purdue Univ. 방문연구원
2012년 연세대학교 공학박사
2012년~2013년 연세대학교 박사후연구원
2013년~현재 한국철도기술연구원
광역도시교통연구본부 선임연구원
관심분야: 철도 위치검지, LTE, LTE-R, 재난망, NFV, SDN



김 영 주

2002년 연세대학교 공학사
2004년 연세대학교 공학석사
2010년 연세대학교 공학박사
2010년~2015년 삼성전자 책임연구원
2015년~현재 한국철도기술연구원
광역도시교통연구본부 선임연구원
관심분야: LTE, LTE-R, 재난망, NFV, SDN



이 재 용

1977년 연세대학교 공학사
1984년 IOWA State University 공학석사
1987년 IOWA State University 공학박사
1987년~1994년 포항공과대학 교수
1994년~현재 연세대학교 전자공학과 교수
관심분야: Protocol Design for Wired/Wireless
QoS Management, Ubiquitous Sensor
Network, Wireless Multihop Network