

Fronthaul/Backhaul

2021. 7.

(2021년 12월까지 사용 권장)

안 종 석
james@jslab.kr
JS Lab

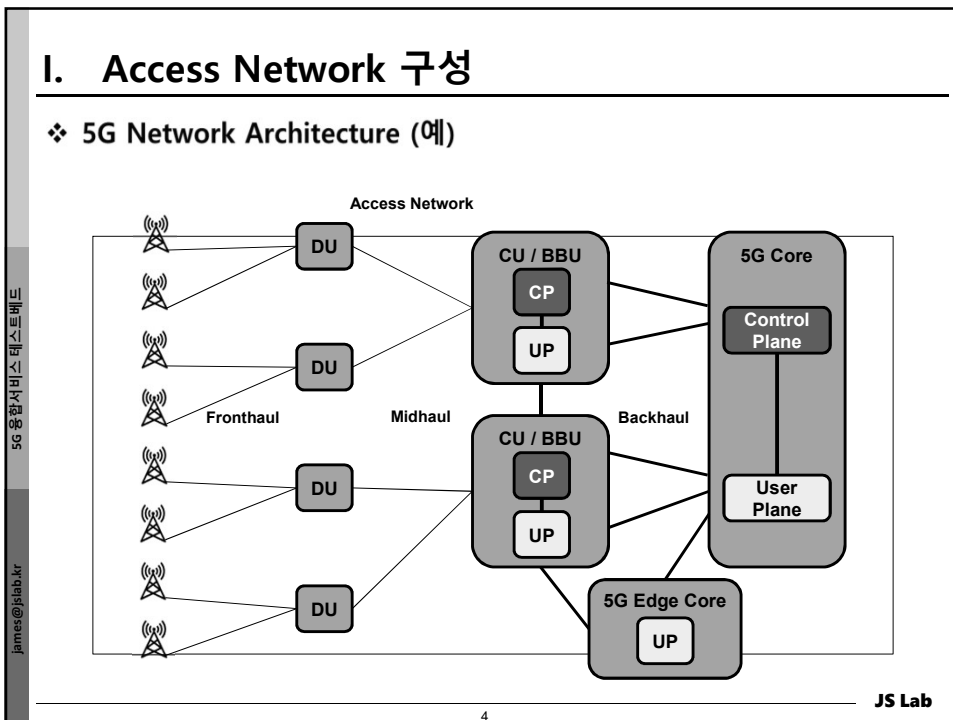
- I. Access Network 구성
- II. 광중계기 구조와 기술
- III. RF 중계기 구조와 기술
- IV. 오픈소스 프로젝트

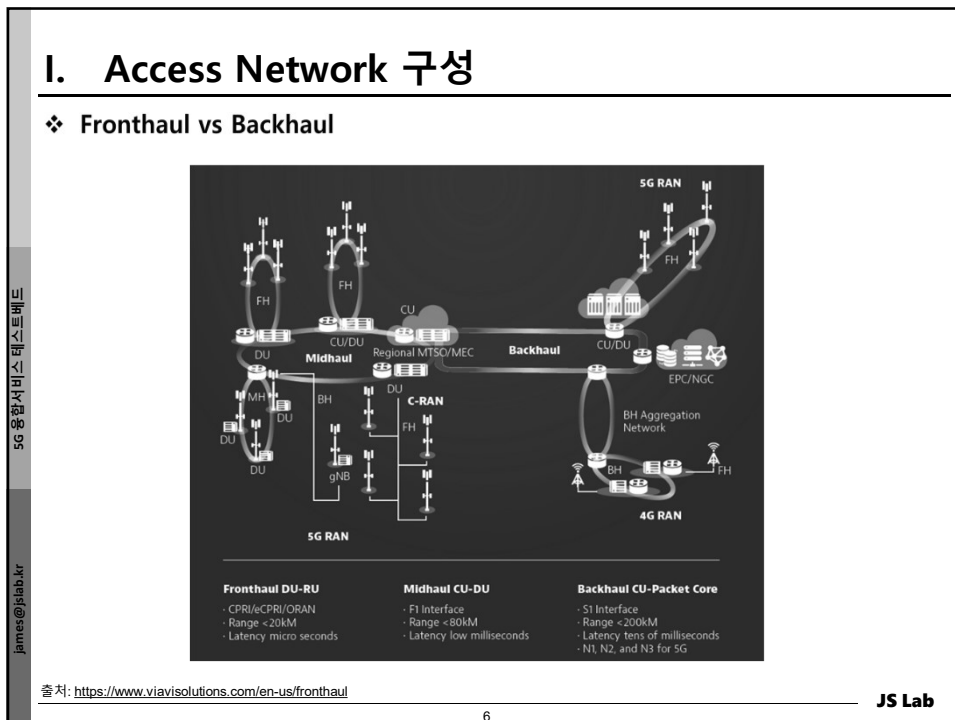
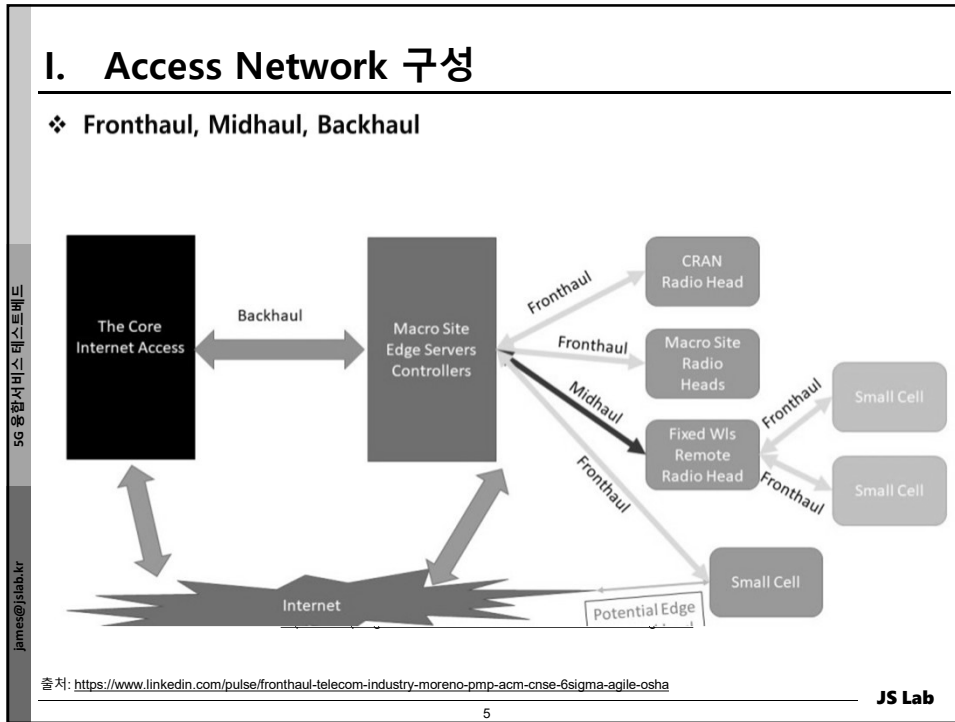
5G 융합서비스 테스트베드
james@jslab.kr



- I. Access Network 구성
- II. 광중계기 구조와 기술
- III. RF 중계기 구조와 기술
- IV. 오픈소스 프로젝트

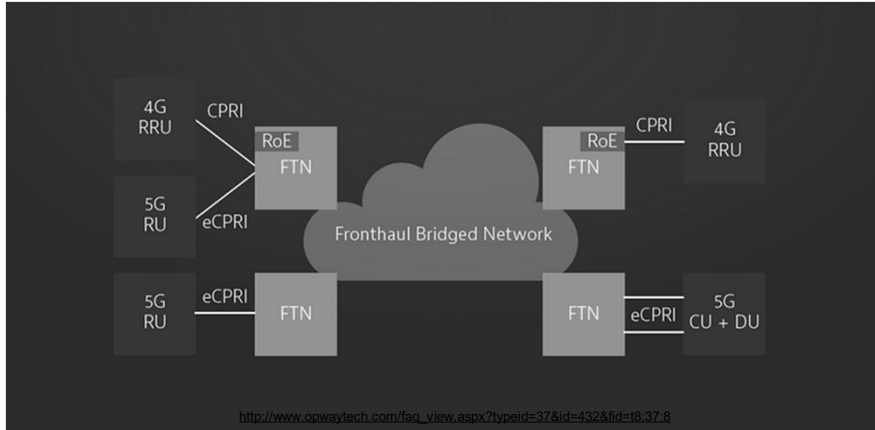
JS Lab





I. Access Network 구성

❖ Fronthaul Transport Network Nodes (FTN)



http://www.opwaytech.com/faq_view.aspx?typeid=37&id=432&fid=18.37.8

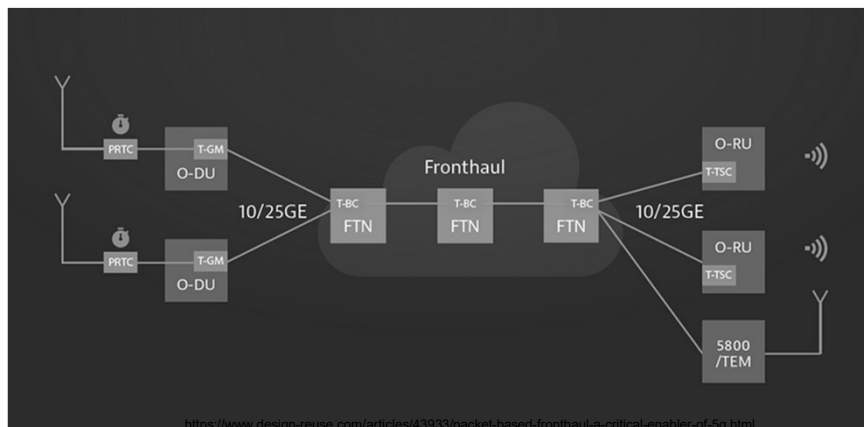
출처: <https://www.viavisolutions.com/en-us/fronthaul>

JS Lab

7

I. Access Network 구성

❖ Fronthaul Transport Network Nodes (FTN)



<https://www.design-reuse.com/articles/43933/packet-based-fronthaul-a-critical-enabler-of-5g.html>

출처: <https://www.viavisolutions.com/en-us/fronthaul>

JS Lab

8

I. Access Network 구성

❖ Radio-access network interfaces.

The diagram illustrates the 5G Access Network architecture. At the top, the 5G core network (represented by a cloud) contains the AMF (Access and Mobility Management Function) and UPF (User Plane Function). Below the core network, there are gNB (Next Generation NodeB) entities. One gNB is connected to the core network via NG-c and NG-u interfaces. Another gNB is connected to the first gNB via Xn-c and Xn-u interfaces. A third gNB is connected to the second gNB via Xn-c and Xn-u interfaces. This third gNB is split into gNB-CU (Control Plane) and gNB-DU (Data Plane). The gNB-CU is connected to the core network via NG-c and NG-u interfaces. The gNB-DU is connected to the gNB-CU via F1 interfaces. Finally, the gNB-DU is connected to UE (User Equipment) via Uu interfaces.

(출처: The Next Generation Wireless Access Technology Second, Edition Erik Dahlman Stefan Parkvall Johan Sköld)

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ 5G Fronthaul Split Options

The diagram shows the 5G Fronthaul Split Options. It illustrates the protocol stack layers between the Central Unit (CU) and the Distributed Unit (DU). The layers are: RRC, PDCP, HRLC, LRLC, HLMAC, LMAC, UPHY, LPHY, and RF. The split options are defined as follows:

- Option 1: Split at RRC
- Option 2: Split at PDCP
- Option 3: Split at HRLC
- Option 4: Split at LRLC
- Option 5: Split at HLMAC
- Option 6: Split at LMAC
- Split 7: Split at UPHY
- Split 8: Split at LPHY

The diagram also shows the Central Unit (CU) and Distributed Unit (DU) connected via a dashed line, and the Radio Unit (RU) connected to the DU. The RU is connected to the UE (User Equipment) via a radio signal. The text "CPRI, eCPRI or ROE" is shown next to the split options.

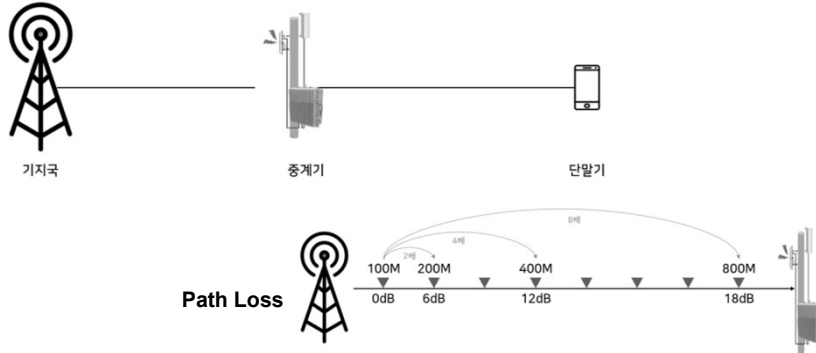
Dhiman D Chowdhury,
Strategic Marketing & Product Management T&F Division
<https://www.trimble.com/timing/>

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ 중계기

- 기지국과 단말기 사이에 무선 구간에서 Path Loss를 보상해서 더 먼거리를 통신 할 수 있게 하는 장비 (이동통신서비스의 음영지역을 해소하기 위해 고가의 기지국 대신 중계기가 사용)



(출처: <https://rf-yeolmu.tistory.com/77?category=880669>)

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ 중계기

- RF 중계기는 저렴한 대신 발진문제가 있고 기지국부터 중계기까지의 각종 페이딩에 의해 신호가 열화되는 단점
- 기지국의 신호품질을 그대로 전송하고 RF 중계기의 발진문제가 없는 아날로그 광중계기가 등장
- 아날로그 광중계기는 기지국의 RF 신호를 전송특성이 우수한 광링크를 이용해 서비스 지역으로 전송함으로써 양질의 신호를 전달할 수 있고, 보다 넓은 지역의 고출력 서비스를 구현
- 기존의 아날로그 광중계기에서 발생하는 통화품질의 열화, 전송거리 제한, 유지보수비용 상승 등의 단점을 보완하기 위해 기지국의 RF 전송신호를 디지털 광신호로 변환하여 전송하는 디지털 광중계기 등장
- 디지털 광중계기와 아날로그 광중계기의 차이는 디지털 신호를 광신호로 컨버팅하느냐, 아날로그 신호를 광신호로 컨버팅의 차이

출처: <https://ensxoddl.tistory.com/138>

JS Lab

5G 융합서비스 테스트베드

james@jslab.kr

I. Access Network 구성

❖ 아날로그 광증계기와 비교

- 디지털 광증계기는 많은 장점이 있으나 광선로 자체의 전송지연 단점
- CDMA, WCDMA는 Window size가 커서 문제시되지 않았으나 이동통신이 4G로 이동하면서 OFDM을 사용하게 되고 이에 대한 CP(Cyclic Prefix)가 작아 기지국에서 Time Advance 기능이 구현되어야 함

항목	아날로그 광증계기	디지털 광증계기
광모듈	아날로그 신호의 S/N을 만족하기 위해 큰 출력의 LD(Laser Diode)를 사용	디지털 신호는 수 spread 되어 있어 저출력의 LD를 사용하여도 전송가능
cascade	장비의 열화가 다음 연결된 장비에 영향	장비의 열화가 다음 장비와 무관
지연조절	광케이블을 수km 감아 지연작용	디지털 메모리로 간단히 구성

출처: <https://ensxoddl.tistory.com/138>

13
JS Lab

5G 융합서비스 테스트베드

james@jslab.kr

I. Access Network 구성

❖ 이동통신 시스템

- xHaul / Relay : 무선백홀 기술, 광 증계기 기술, RF 증계기 기술

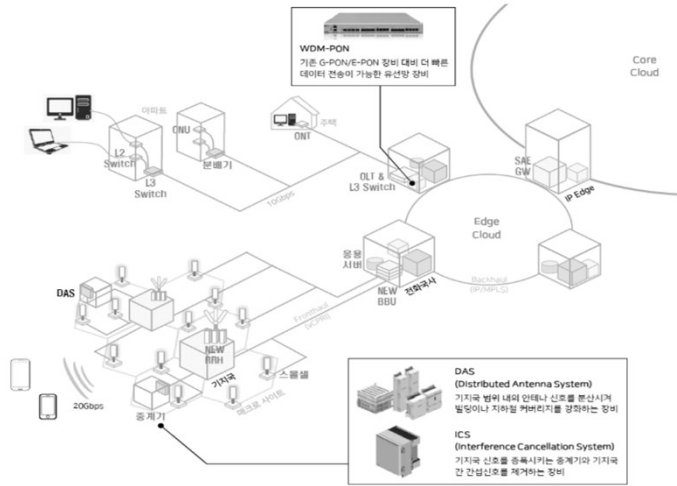
기지국 RF/ 안테나	전력증폭기, 전치단, 안테나, 트랜시버, 공정기술, 패키징 기술
기지국 모뎀	저전력 설계 기술, 공정 기술, 패키징 기술
기지국 통신 SW	모뎀 알고리즘, 프로토콜 SW, 프레임워크
기지국 시스템	기지국 HW 설계 기술, 부품 정합 기술, 에뮬레이터 제작 기술
기지국 운용관리	SON(Self-Organizing Network) 기술, NMS(Network Management System) 기술
엑스홀 및 릴레이	무선백홀 기술, 광 증계기 기술, RF 증계기 기술

(출처: ICT R&D 기술로드맵 2025, IITP 정보통신기획평가원)

14
JS Lab

I. Access Network 구성

❖ 5G 유무선 네트워크 구조



출처: 메리츠증권증권 리서치센터

I. Access Network 구성

❖ 품목별 장비 시장 현황 및 전망

〈 품목별 장비 시장 현황 및 전망 〉

(단위 : 백만 달러)

	구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR
광 네트워크	광전송 장비	14,649	15,818	16,278	16,841	17,713	18,543	19,384	20,415	4.9%
	광가입자 장비	9,317	10,105	11,188	12,173	12,942	13,196	14,224	15,347	7.4%
	DAS	1,690	1,652	1,601	1,503	1,389	1,270	1,133	1,060	-6.4%
	데이터센터 장비	14,587	15,850	17,444	19,072	20,364	21,370	21,997	24,070	7.4%
	프론트홀	946	1,302	1,578	1,844	2,032	2,222	2,918	3,523	20.7%
패킷 네트워크	라우터	15,622	15,834	15,889	16,019	16,119	16,196	16,271	16,498	0.8%
	이더넷 스위치	29,294	29,970	27,778	30,448	31,689	32,568	32,525	33,113	1.8%
	POTN	2,797	2,891	3,011	3,129	3,248	3,357	3,466	3,604	3.7%
모바일 코어	모바일 코어	2,912	2,453	2,236	2,387	2,636	2,936	2,929	3,078	6.6%
	모바일 백홀	9,016	9,302	10,285	10,601	10,994	11,247	11,913	12,701	5.0%
서비스 제어	SDN/NFV	36,294	46,595	58,498	70,803	84,167	99,114	123,994	156,090	23.2%
	네트워크 서비스	62,231	60,326	60,582	61,343	62,636	64,298	65,738	67,141	1.1%
관리	네트워크 SW	16,064	15,714	15,798	15,920	16,033	16,188	16,338	16,478	0.4%
	광트랜시버	4,723	5,212	6,400	8,150	9,322	10,360	12,071	14,174	17.0%
광부품	능동/수동 광부품	3,315	3,583	4,214	4,906	5,625	6,213	6,610	6,968	11.2%

※ 2024 또는 2025년 시장 규모는 2018년 이후 시장 성장세를 고려하여 추정

** POTN (Packet-Optical Transport Network)
** DAS (Distributed Antenna System)

(출처: ICT R&D 기술로드맵 2025, IITP 정보통신기획평가원)

I. Access Network 구성

❖ Passive optical networks (PON)

G-PON		XGS-PON		NG-PON2	
Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
→ 1490nm	← 1310nm	→ 1578nm	← 1270nm	→ 1596-1603nm	← 1528-1540nm
→ 1550nm					

CEX: Coexistence Element
WM: Wavelength Multiplexer

출처: <https://www.viavisolutions.com/en-us/fronthaul>

JS Lab

I. Access Network 구성

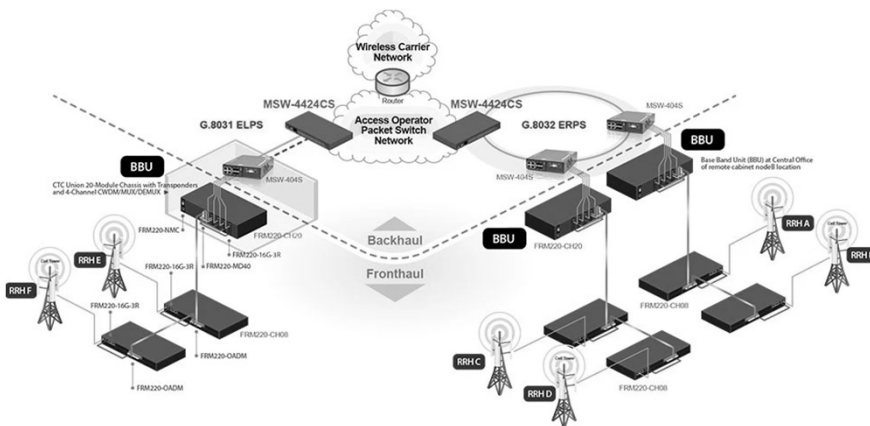
❖ Mobile Fronthaul Application

출처: <https://www.ctcu.com/en/solutions/mobile-fronthaul-and-backhaul-solution.html>

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ Mobile Fronthaul Application



출처: <https://www.ctcu.com/en/solutions/mobile-fronthaul-and-backhaul-solution.html>

JS Lab

I. Access Network 구성

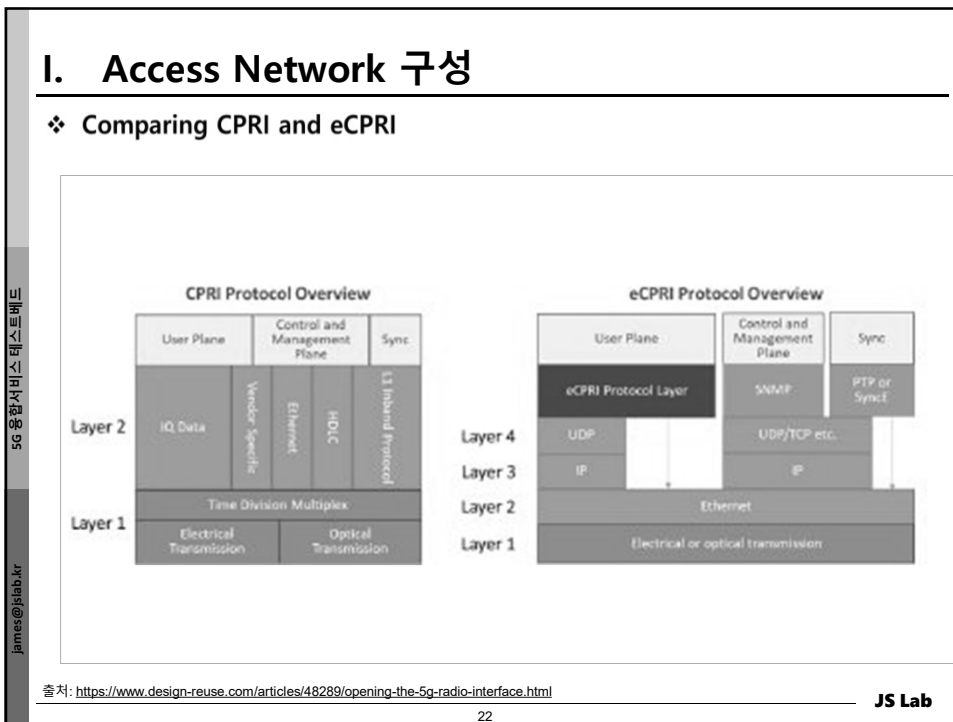
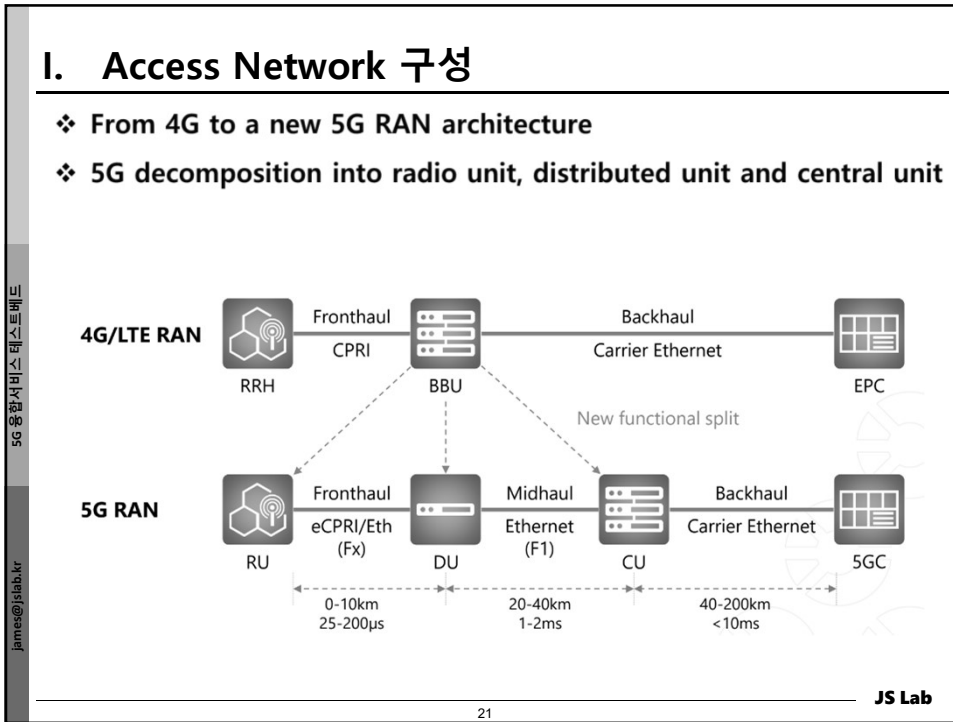
❖ IITP 2025 RnD 추진

- IITP R&D 핵심 이슈: 동작 주파수 고대역화, 융합 서비스 보편화, 소프트웨어 중심 설계화

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025
서비스		실감형 예지 응용서비스	5G 버티컬 산업망 서비스		네트워크 자동화 서비스	분산 AI서비스
제품	5G 실내 분산 안테나 시스템	400G 광송수신 모듈	16T급 POTN	5G+ 코어 및 TSN 스위치	800G 광송수신 모듈	광기반 Sub-THz 부품/모듈

(출처: IITP 정보통신 평가 기획원)

JS Lab



I. Access Network 구성

❖ Fronthaul

The diagram illustrates the network architecture. On the left, 'Fronthaul (Antenna to Central Office)' is shown with 'Distributed Unit' and 'Remote Radio Head (RRH)' connected to 'BBU'. On the right, 'Backhaul' connects the 'BBU' to the 'Central Office', 'Internet/Core Network', and 'Data Center'. The 'Data Center' is shown with multiple server racks.

출처: <https://www.viavisolutions.com/en-us/fronthaul>

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ C-RAN Architecture

❖ 3GPP's 5G RAN architecture distributes the stack functions across three logical nodes.

The diagram shows the functional split of the BBU. The top part shows 'EPC' connected to 'BBU' via 'Backhaul', and 'BBU' connected to 'RRH' via 'Fronthaul' (CPRI). The bottom part shows 'Core' connected to 'CU' via 'Backhaul', and 'CU' connected to 'DU' via 'Fronthaul' (eCPRI), and 'DU' connected to 'RU' via 'Fronthaul' (eCPRI). Dashed arrows labeled '3GPP Functional Split' indicate the distribution of BBU functions to CU, DU, and RU.

출처: <https://www.nctatechnicalpapers.com/Paper/2019/2019-5g-backhaul-fronthaul-opportunities-and-challenges>

JS Lab

I. Access Network 구성

- ❖ Mobile networks evolve to C-RAN
- ❖ RAN evolution with different architectures in the mix.

Performance Gain

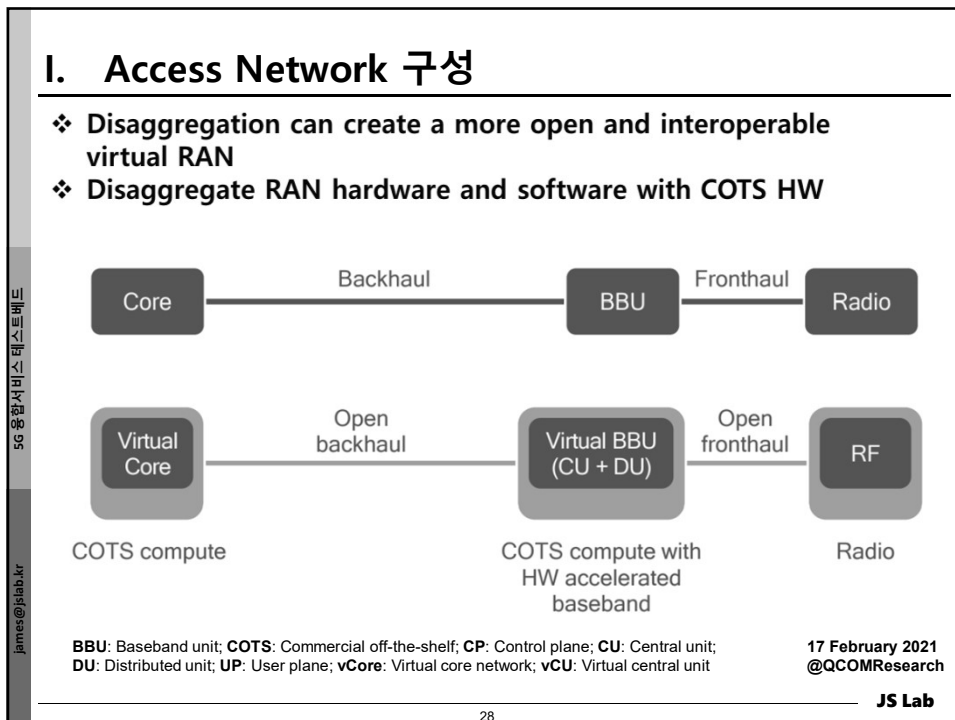
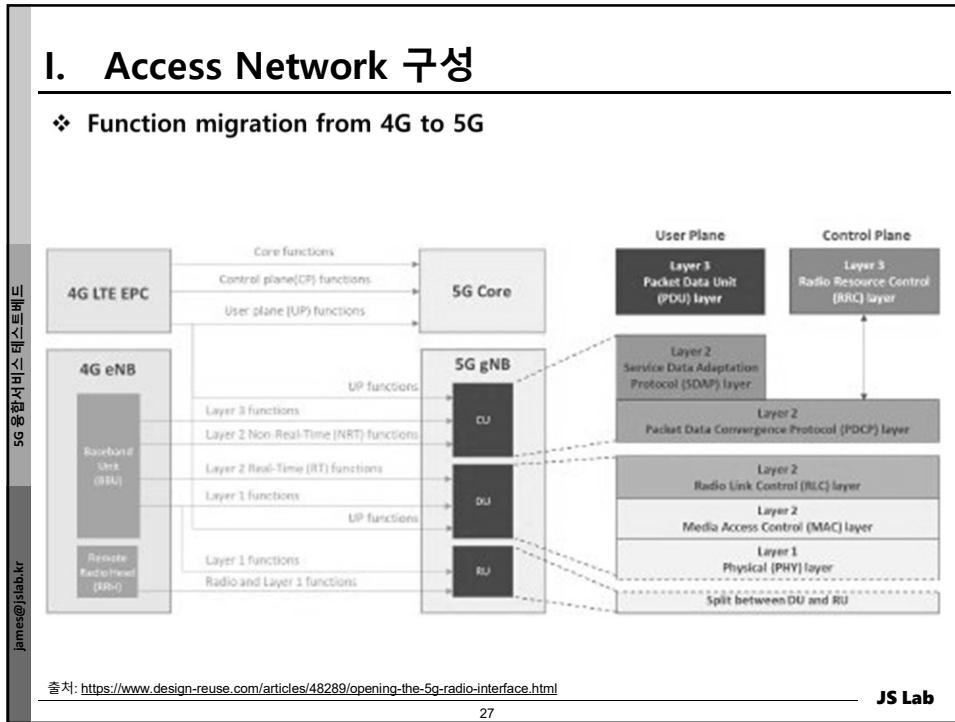
출처: <https://www.lightwaveonline.com/5g-mobile/article/14036770/enabling-cran-and-transport-convergence-with-timesensitive-networking> JS Lab

I. Access Network 구성

- ❖ Mobile networks evolve to C-RAN
- ❖ Flexible placement of RAN functions.

RU = Radio Unit
DU = Distributed Unit
CU = Centralized Unit
FS-HL = Functional Split High Layer
FS-LL = Functional Split Low Layer

출처: <https://www.lightwaveonline.com/5g-mobile/article/14036770/enabling-cran-and-transport-convergence-with-timesensitive-networking> JS Lab



I. Access Network 구성

- ❖ Disaggregation can create a more open and interoperable virtual RAN
- ❖ Disaggregate layers of the protocol stack

5G 융합서비스 테스트베드
james@slab.kr

Core — Backhaul — BBU — Fronthaul — Radio

Virtual Core — Open backhaul — Virtual CU — Open midhaul — DU — Open fronthaul — RF

COTS compute COTS compute COTS compute with HW accelerated baseband Radio

BBU: Baseband unit; COTS: Commercial off-the-shelf; CP: Control plane; CU: Central unit; DU: Distributed unit; UP: User plane; vCore: Virtual core network; vCU: Virtual central unit

17 February 2021 @QCOMResearch

JS Lab

29

I. Access Network 구성

- ❖ Disaggregation can create a more open and interoperable virtual RAN
- ❖ Disaggregate control plane and user plane functions

5G 융합서비스 테스트베드
james@slab.kr

Core — Backhaul — BBU — Fronthaul — Radio

Virtual Core CP — Open backhaul — Virtual CU CP — Open midhaul — DU — Open fronthaul — RF

Virtual Core UP — Open backhaul — Virtual CU UP — Open midhaul — DU — Open fronthaul — RF

COTS compute COTS compute COTS compute with HW accelerated baseband Radio

17 February 2021 @QCOMResearch

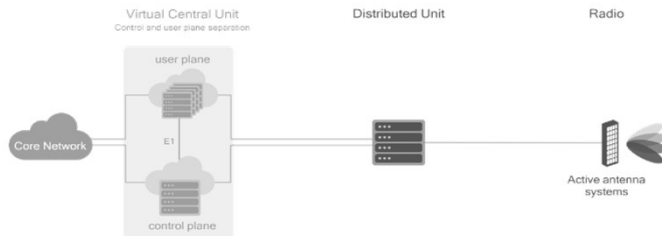
JS Lab

30

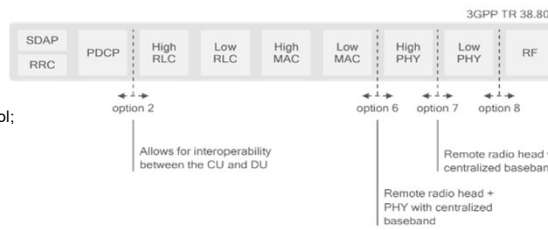
I. Access Network 구성

❖ Designed for unprecedented flexibility and cost-effective network deployments

17 February 2021
@QCOMResearch



- CU: Central unit;
- DU: Distributed unit;
- MAC: Medium access control;
- PDCP: Packet data convergence protocol;
- PHY: Physical layer;
- RF: Radio frequency;
- RLC: Radio link control;
- RRC: Radio resource control;
- SDAP: Service data adaptation protocol

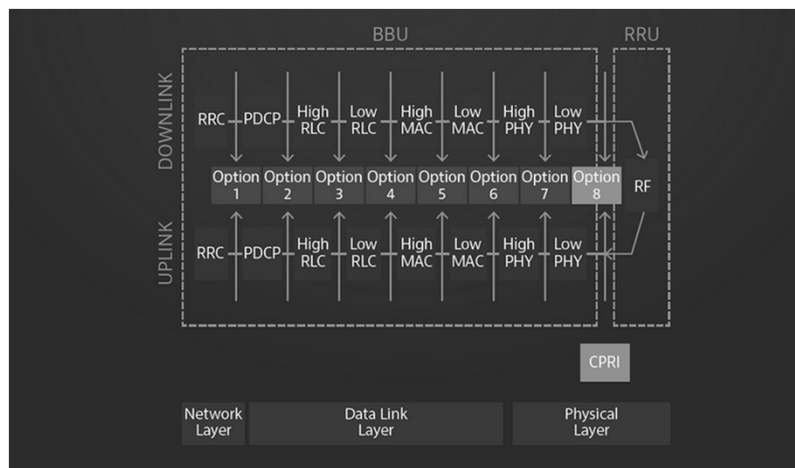


5G 융합서비스 테스트베드

james@jslab.kr

I. Access Network 구성

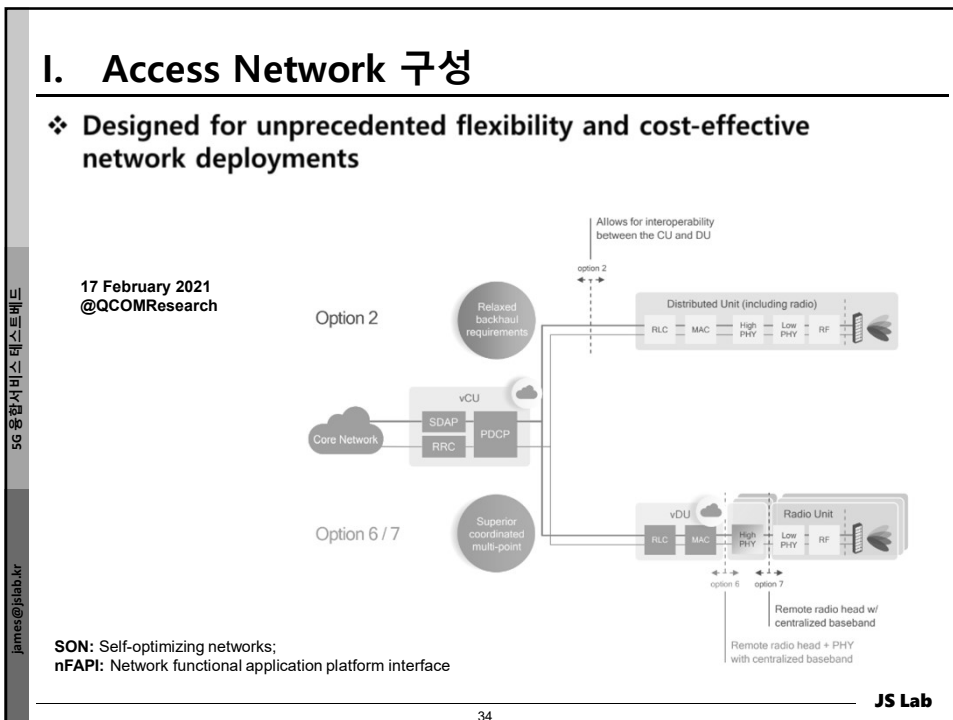
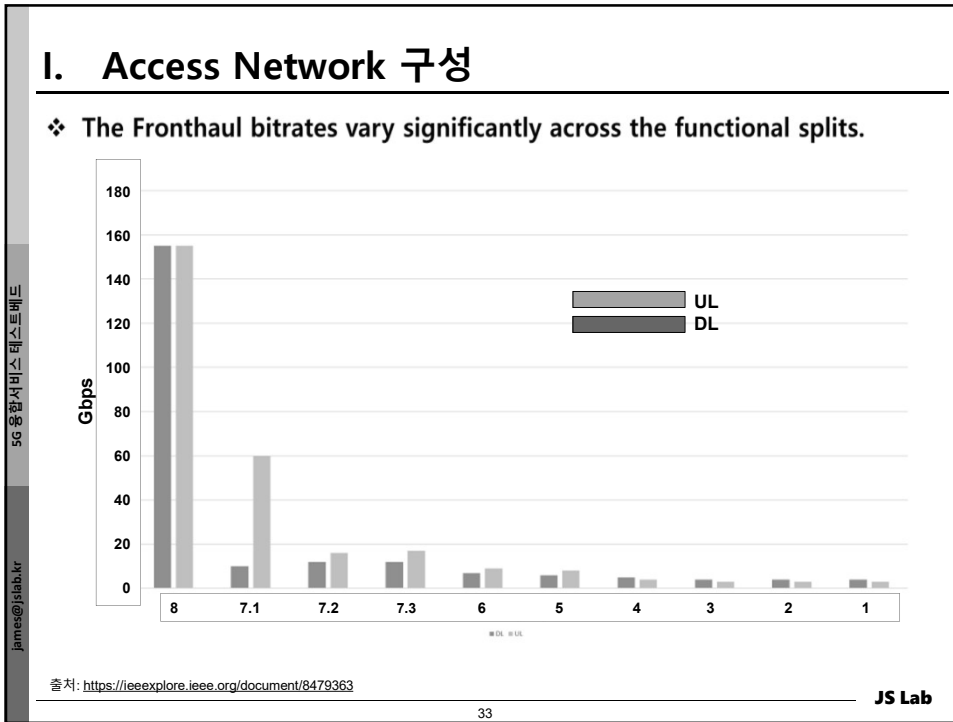
❖ Evolution of Fronthaul



출처: <https://www.viavisolutions.com/en-us/fronthaul>

5G 융합서비스 테스트베드

james@jslab.kr



I. Access Network 구성

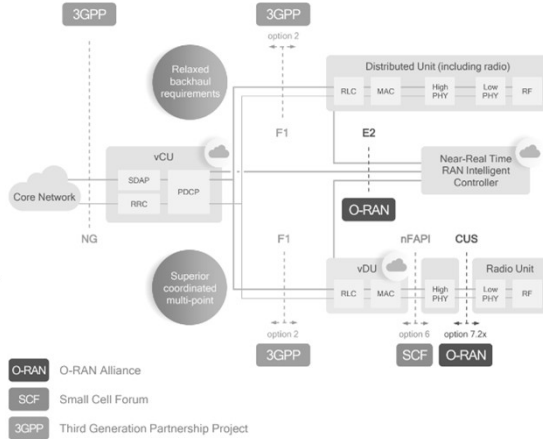
❖ Broaden the interoperable ecosystem with standardized open interfaces

17 February 2021
@QCOMResearch



- O-RAN 구성**
- 265 software-defined radios
 - 25.6 GHz of simulated bandwidth, 82 TB/h RF data
 - 21 racks of radios, 171 high-performance servers w/ CPUs, GPUs
 - Massive computing capabilities (CPU, GPU, FPGA):
 - > 800 TB of storage
 - 328 FPGAs
 - 18 100 switches
 - 18 clock distribution systems
 - 82 TB/h of digital RF data

QCOM needs further design for next-gen radio access network. All rights reserved. All trademarks are the property of their respective owners.



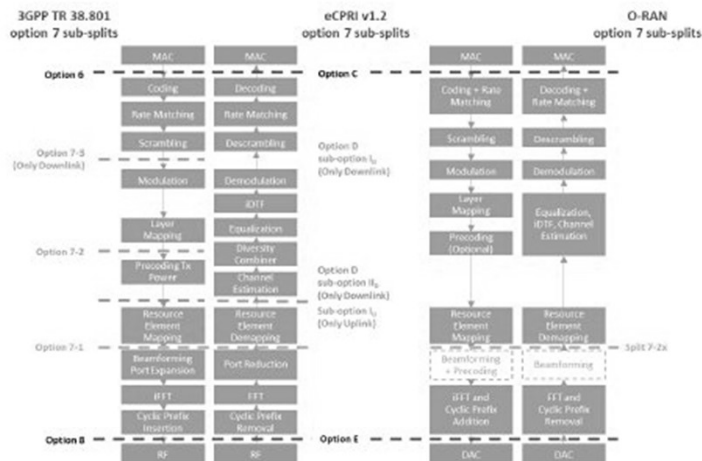
CUS: Control, User and Synchronization plane
nFAPI: Network functional application platform interface

- O-RAN** O-RAN Alliance
- SCF** Small Cell Forum
- 3GPP** Third Generation Partnership Project

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ Option 7 sub-splits



출처: <https://www.design-reuse.com/articles/48289/opening-the-5g-radio-interface.html>

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ Optimize architecture for application with O-RAN

- Application-specific constraints influence network topology
- O-RAN offers a comprehensive set of network architectures for different application constraints

17 February 2021
@QCOMResearch

CU: Central unit;
DU: Digital unit;
eMBB: Enhanced mobile broadband;
NF: Network function;
mMTC: Massive machine type communications;
O-: ORAN-;
RIC: RAN intelligent controller;
RU: Radio unit

	O-CU to O-DU	O-DU to O-RU
Enhanced mobile broadband (eMBB)	625 μ s (125 km)	100 μ s (20 km)
Massive IoT (mMTC)	625 μ s (125 km)	100 μ s (20 km)
URLLC control plane	625 μ s (125 km)	100 μ s (20 km)
URLLC user plane	100 μ s (20 km)	100 μ s (20 km)

JS Lab

I. Access Network 구성

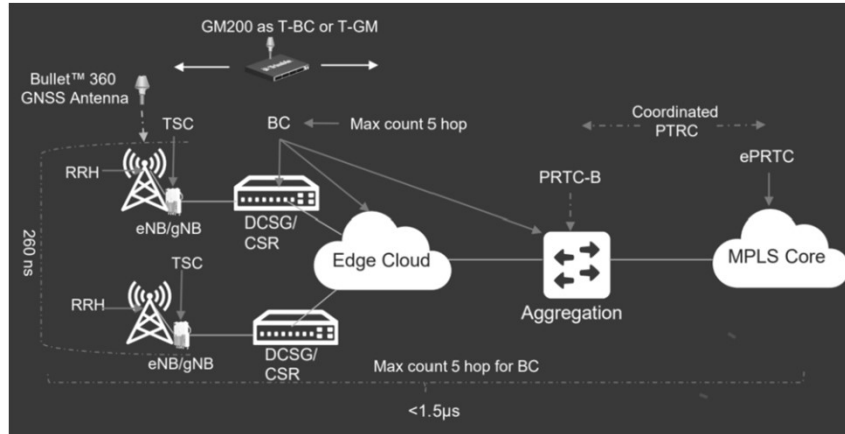
❖ Time Error Tolerance for 5G ORAN/C-RAN/vRAN

Ref: ITU-T rec G.8271.1/Y.1366.1 figure VII.2

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ Time error Tolerance for 5G Option 1

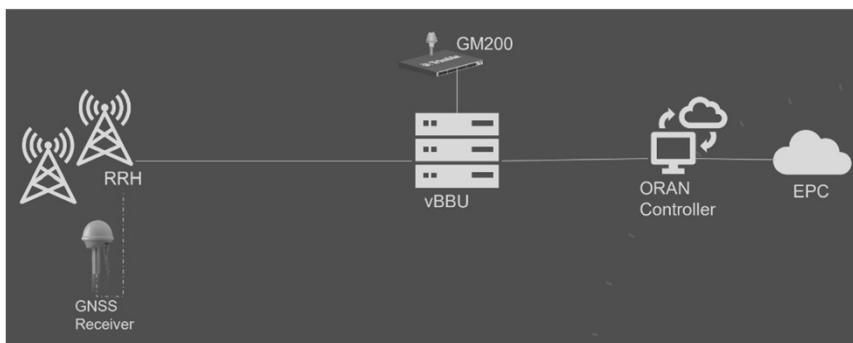


Ref: ITU-T rec G.8271.1/Y.1366.1 figure VII.2

5G 융합서비스 테스트베드 james@jslab.kr

I. Access Network 구성

❖ ORAN Deployment

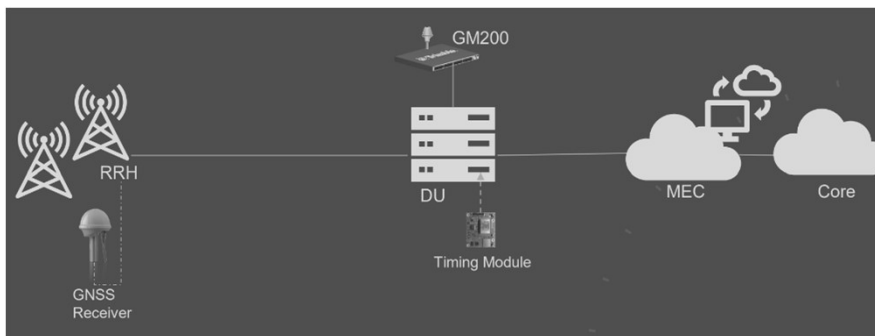


Ref: ITU-T rec G.8271.1/Y.1366.1 figure VII.2

5G 융합서비스 테스트베드 james@jslab.kr

I. Access Network 구성

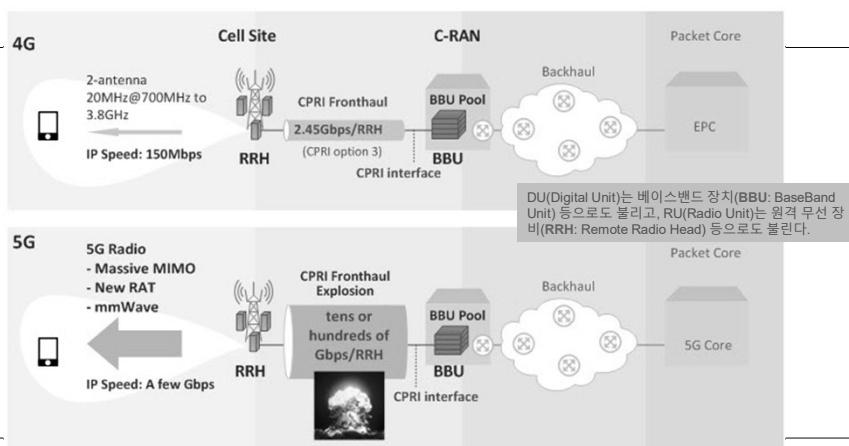
❖ Telecom – 5G Lower Layer Split (LLS)



Ref: ITU-T rec G.8271.1/Y.1366.1 figure VII.2

I. Access Network 구성

❖ RAN 구조의 변화 (New C-RAN/Fronthaul)



(출처: <https://www.netmanias.com/ko/?m=view&id=blog&no=8104>)

I. Access Network 구성

❖ 새로운 BBU와 RRH가 필요하고, Fronthaul도 패킷 프론트홀로 구축

- Central Unit (CU)
- Distributed Unit (DU)

5G Cloud RAN: Many functional split options

New Interface will be standardized

Fronthaul capacity requirement
CoMP effect
Delay requirement

셀 경계에 위치한 단말의 throughput을 높이기 위하여 새로운 형태의 셀 간 협력 기술인 Coordinated Multi-Point (CoMP) 가 등장합니다. CoMP는 이웃한 셀들이 협력하여서 serving 셀 뿐만 아니라 다른 셀들도 같은 단말과 통신할 수 있도록 함으로써 셀 간 간섭을 줄이고 셀 경계에서 단말의 throughput을 높이는 기술

(출처: <https://www.netmanias.com/ko/?m=view&id=blog&no=8104>)

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ 5G Mobile Frontier (LTE to 5G Migration or 5G Deployment Option)

Option 1 (Upgraded 4G)

Option 2 (5G Standalone)

Option 3 (Dual Connectivity)

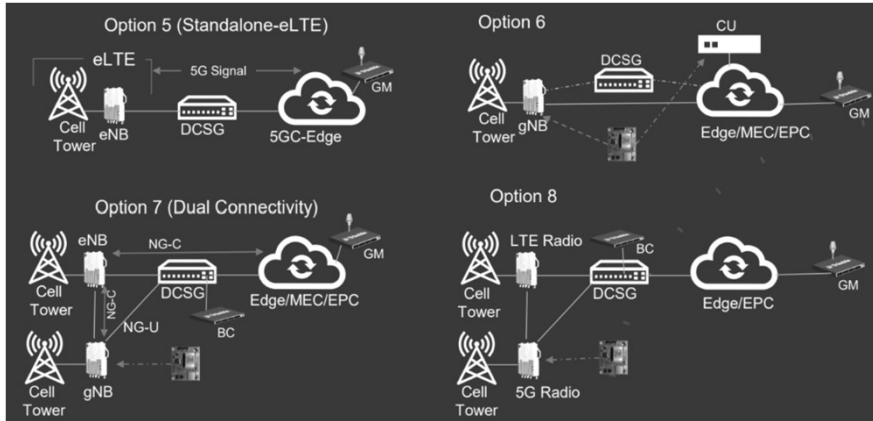
Option 4

DCSG (Disaggregated Cell Site Gateway) BC(Boundary Clock)

JS Lab

I. Access Network 구성

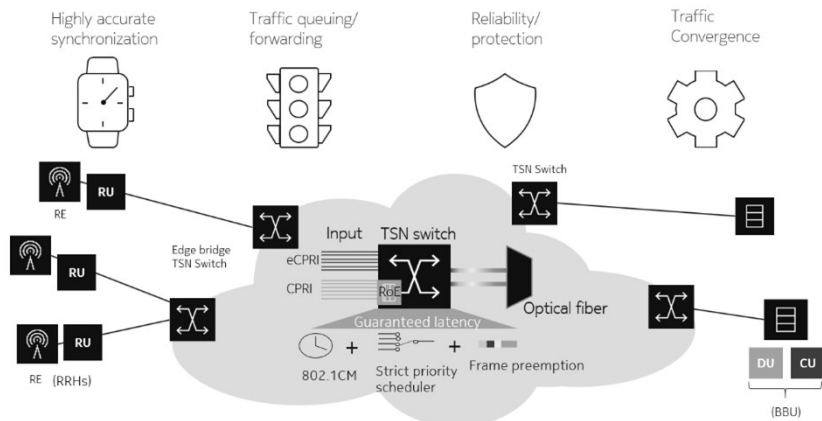
❖ 5G Mobile Frontier



5G 융합서비스 테스트베드 james@jslab.kr

I. Access Network 구성

❖ Ethernet fronthaul over deterministic time-sensitive networks (TSN).



5G 융합서비스 테스트베드 james@jslab.kr

I. Access Network 구성

❖ Converged transport of all fronthaul traffic using TSN packet-optical switches.

출처: <https://www.lightwaveonline.com/5g-mobile/article/14036770/enabling-cran-and-transport-convergence-with-timesensitive-networking>

JS Lab

I. Access Network 구성

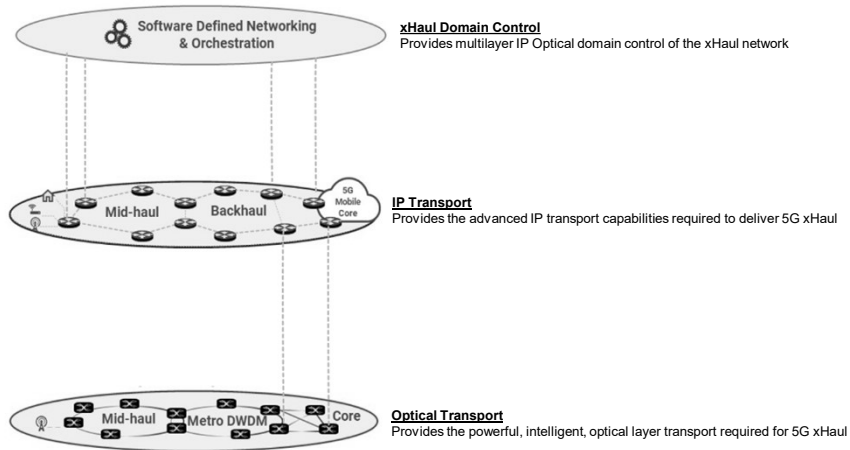
❖ 5G xHaul

출처: <https://ribboncommunications.com/solutions/service-provider-solutions/ip-and-optical-networks/unified-5g-xhaul>

JS Lab

I. Access Network 구성

❖ Flexible End to End xhaul



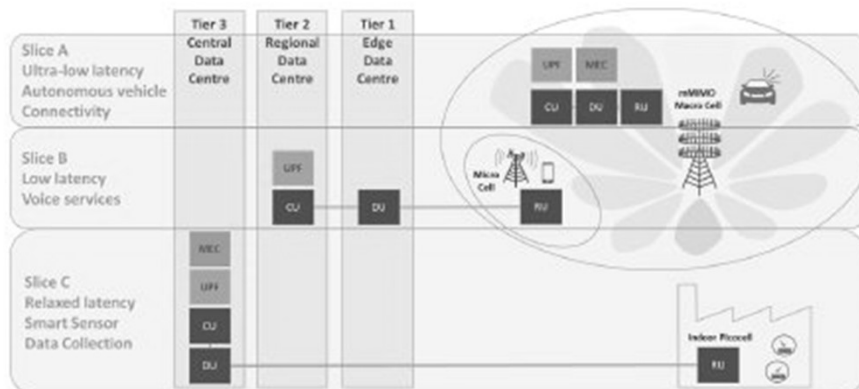
출처: <https://ribboncommunications.com/solutions/service-provider-solutions/ip-and-optical-networks/unified-5g-xhaul>

JS Lab

5G 융합서비스 테스트베드 james@jslab.kr

I. Access Network 구성

❖ CU/DU functions can be deployed at different locations to meet specific service needs



출처: <https://www.design-reuse.com/articles/48289/opening-the-5g-radio-interface.html>

JS Lab

5G 융합서비스 테스트베드 james@jslab.kr

I. Access Network 구성

❖ These calculations show an example of available time error (TE) in a fronthaul network.

Maximum Absolute TE (from UTC) - 4G or 5G Network	=	± 1500 nsec
UTC to Aggregation Router (vPRTC)	=	± 100 nsec
Typical max TE on ORAN Fronthaul (DU to RU/air interface)	=	± 160 nsec
Available TE on MetroE Midhaul (vPRTC/AG to DU) = 1500-(100+160)	≤	± 1240 nsec

*This assumes the Fronthaul meets the Maximum Relative TE, DU to RU 260 nsec
 This is a conservative estimate: NR radio Units are expected to be between ± 35 and ± 80 nsec max TE

출처: <https://www.5gtechnologyworld.com/meet-timing-requirements-in-5g-networks/> **JS Lab**

I. Access Network 구성

❖ 5G 네트워크 구조와 제조사

- 5G 코어(Access Network) 부문은 매크로 기지국, 네트워크 시스템 등 토털 솔루션을 보유한 대기업 중심으로 시장이 형성
- 중소기업은 스몰셀 장비 등 작은 시장에서 활동

분류	스몰셀	안테나	중계기/DAS	매크로 기지국
주요 기업	콘텔라 주니 이노와이어리스 유니캐스트 유캐스트	담스테크 선우커뮤니케이션즈 에이스테크(글로벌 5위)	에이스테크놀로지 기산텔레콤 솔리드	삼성 유캐스트(LTE) (외)에릭슨 (외)화웨이 (외)노키아


출처: <https://m.blog.naver.com/dryuhk/221898589988> **JS Lab**

I. Access Network 구성

❖ 5G 네트워크 공급 업체

세부경비 및 서비스 구분		공급업체		
		국내	해외	
스물셀 하드웨어 및 솔루션	하드웨어	SOCI모형칩	삼성전자	
		RF/PAL/안테나	-	
	동기모듈(GPS, 소프트웨어)*	-	Qusa, Innos, Trimble, U-blox	
	L1 소프트웨어*	-	Intel, Texas Instrument, CommAgility, Broadcom, Freescale, Qualcomm	
스물셀 제조	L2/L3 솔루션* (프로토콜 스택+응용 소프트웨어)	전자부품연구원	Anicent, Radsys, Cavium, CommAgility, Qualcomm	
	스물셀 장비	콘델라, 이노와이어리스, 주니, 유케스트, 삼지전자, 삼성전자	SpiderCloud, Commscope, ipaccess, Alvaris, Ericsson, Nokia, Huawei, ZTE, BLINQ, JMA/Wireness 등	
	스물셀 관련장비	소형 EPC, HeNB GW, SeGW	이노와이어리스, 콘델라, 주니	Polaris, Cisco, Anicent
		HeMS, SON	유케스트, 이노와이어리스, 콘델라, 주니	-
UE 에뮬레이터		-	Cobham, AmarSoft, IXIA	
DM		이노와이어리스	SpireTech, Qualcomm, Qubicomm	

* 4G → 5G로 진화되면서 부용에 차이가 생김
(출처: 5G포럼, IT 수장)



5G 융합서비스 테스트베드

james@jslab.kr

JS Lab

53

5G 융합서비스 테스트베드

I. Access Network 구성

II. 광중계기 구조와 기술

III. RF 중계기 구조와 기술

IV. 오픈소스 프로젝트

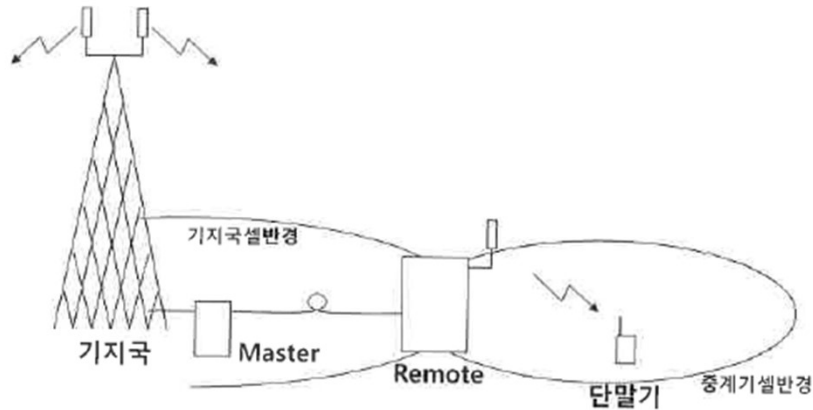
james@jslab.kr



JS Lab

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 광통신 시스템 구성



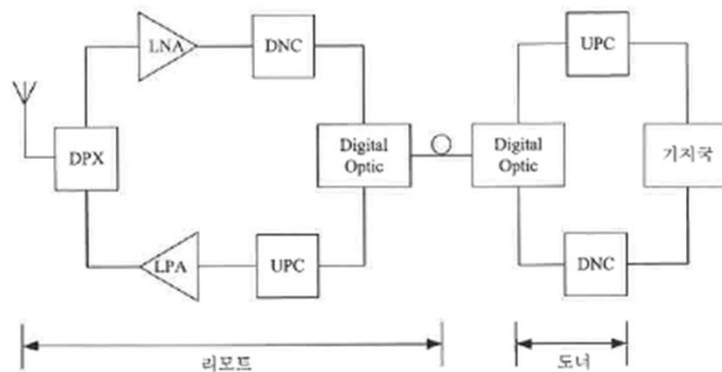
출처: <https://ensxoddl.tistory.com/138>

JS Lab

55

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 광통신 시스템 구성



DPX(듀플렉서로 신호를 나누는 용도), LPA(선형증폭기), LNA(저잡음증폭기), UPC(상향주파수변환기), DNC(하향주파수변환기)

출처: <https://ensxoddl.tistory.com/138>

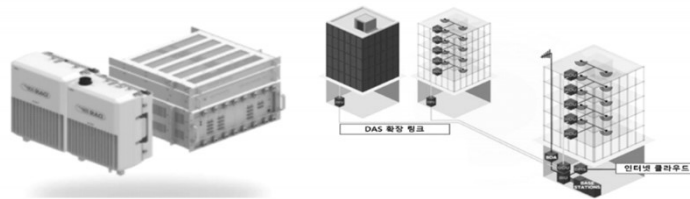
JS Lab

56

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 5G 유무선 네트워크 구조

- 이동통신에서는 실내외 음영 지역 해소를 위해 RF 중계기와 광중계기가 많이 사용되고 있다. RF 중계기는 매크로 기지국에서 나오는 공중선 신호를 사용하는 시스템으로 신호의 품질이 다소 떨어지는 단점이 있다.
- 반면에, 광중계기는 매크로 기지국으로부터 공중선을 사용하지 않고 별도 규격의 광케이블을 이용하여 신호를 전송하는 시스템을 말하며, 신호의 손실이 적고 품질이 좋기 때문에 RF 중계기의 신호가 도달하지 못하는 곳에서 적용되고 있다.



*출처: 플리드 IR자료

JS Lab

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 광중계기인 DAS

- 빌딩내 이동통신 서비스를 제공하기 위한 시스템
- 종단 안테나와 연결되는 동축케이블 또는 광케이블로 구성
- 종단 안테나는 주로 넓은 대역을 커버할 수 있는 광대역 안테나
- 전송 매체인 동축케이블을 사용하는 시스템은 수동형 DAS
- 광케이블을 사용하는 시스템은 능동형 DAS

	수동형 DAS	능동형 DAS
장점	설치가 쉬움, 유지비용이 낮음	넓은 지역에 높은 데이터 전송 가능함
단점	신호 감쇄가 크게 일어남	설치가 어려움, 유지비용이 높음
구성도		

*출처: 플리드 IR자료, NICE평가정보(주) 재구성

JS Lab

II. 광중계기 구조와 기술

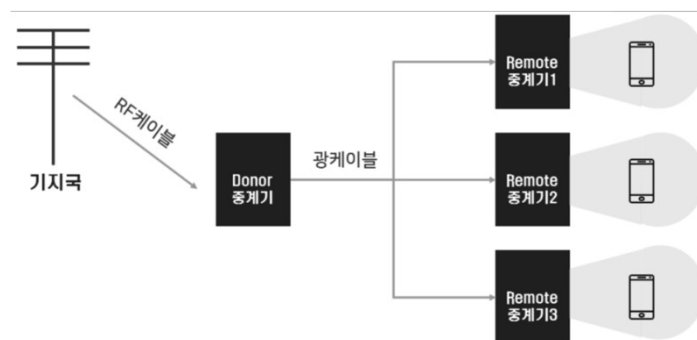
❖ Optical Regenerator 광 중계기

- 과거 광통신은 광신호가 광섬유를 통하여 진행되는 동안의 광손실 보상을 위하여 약 40 km 마다 광 중계기로 신호의 재생(광-전/전-광 변환을 통해)을 하였으나,
- 요즘은 광 중계기 보다는 광섬유 광증폭기를 사용하여 광신호 자체의 증폭을 하여 장거리통신에 사용

II. 광중계기 구조와 기술

❖ Optical Regenerator 광 중계기

- 기지국의 RF 신호를 광신호로 변환하여 광 케이블을 통해 원격지로 전송
- 원격지에서는 수신한 광신호를 RF신호로 재변환하여 커버리지를 확보



II. 광중계기 구조와 기술

❖ 에프알텍, 버라이즌에 28GHz 빔포밍 광중계기 공급



*출처: 전자신문, 2021.04.08

JS Lab

61

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 한국전자통신연구원(ETRI)이 28GHz 주파수를 이용한 5G (5세대 이동통신) 서비스를 훨씬 싸고 쉽게 구축 수 있도록 해주는 실내용 광(光)중계기 장비를 개발

이에 ETRI 연구진이 세계 최초로
기타국으로부터 밀리미터파(28GHz)
5G 신호를 받아 건물 안으로 보낼 수 있는
광중계기 기술을 개발 했습니다!

연구진이 개발한 기술의 핵심은
RoF 광전송기술 과
5G 기지국 인터페이스 기술 입니다.

본 기술을 활용하면 공항, 역사,
대형 쇼핑몰 등 실내 환경에서
5G 최대 전송 속도인 20Gbps급
서비스를 이용할 수 있습니다.

출처: https://www.chosun.com/economy/tech_it/2020/12/10/NDH7VDYGLVGPNFUJUNWRTHRKLAA/

JS Lab

62

II. 광중계기 구조와 기술

- ❖ 한국전자통신연구원(ETRI)이 28GHz 주파수를 이용한 5G (5세대 이동통신) 서비스를 훨씬 싸고 쉽게 구축 수 있도록 해주는 실내용 광(光)중계기 장비를 개발

“

RoF 광전송기술은 최대 5km 구간에서 5G 무선 신호를 왜곡 없이 광신호로 바꿔 전송할 수 있는 기술입니다.



5G 기지국 인터페이스 기술은 실외에 있는 5G 기지국과 실내에 있는 분산 안테나 시스템을 연결하는 기술입니다.



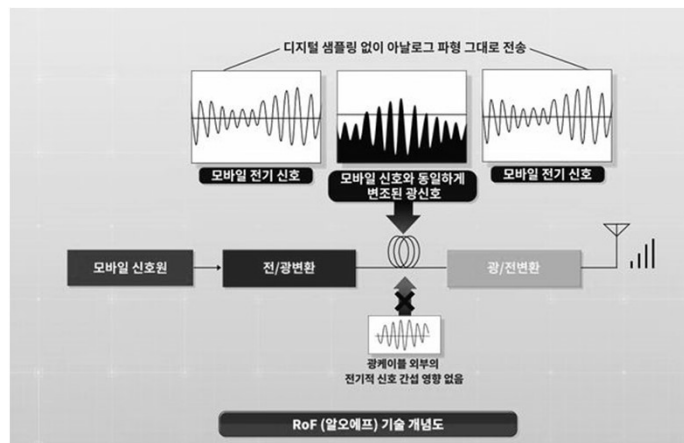
쉽게 말해 아파트 옥상에 있는 인터페이스가 인근 기지국으로부터 5G 신호를 받아 광신호로 바꾸어 건물 실내로 보내는 셈이지요.



출처: <https://www.etri.re.kr/webzine/20210129/sub05.html>

II. 광중계기 구조와 기술

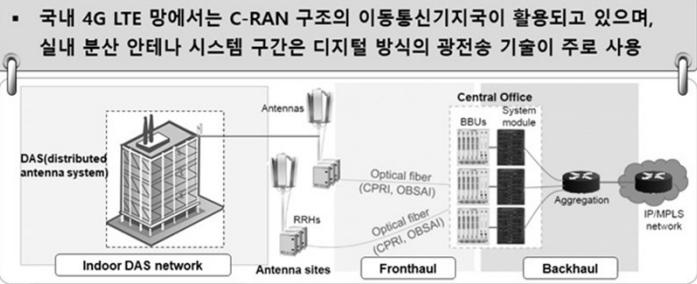
- ❖ 한국전자통신연구원(ETRI)이 28GHz 주파수를 이용한 5G (5세대 이동통신) 서비스를 훨씬 싸고 쉽게 구축 수 있도록 해주는 실내용 광(光)중계기 장비를 개발



출처: https://www.chosun.com/economy/tech_it/2020/12/10/NDH7VDYGLVGPNUJUNWRTRHKLAA/

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 실내 분산 안테나 시스템 기술 (4G)



실내 분산 안테나 시스템

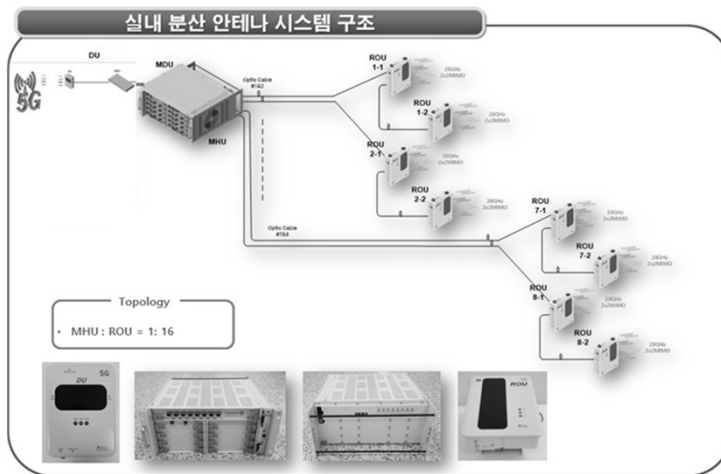
- 실내 분산 안테나 시스템 정의: 건물내 무선 서비스 제공을 위해 호스트장치에 접속된 공간적으로 분리된 다수의 안테나 네트워크
- 실내 분산 안테나 시스템 역할: 다수의 안테나를 공간적으로 분산시켜 실내 환경의 높은 트래픽 용량 문제와 운영지역 해소
- 실내 분산 안테나 시스템 기술 현황: 국내에 기포설된 4G망은 디지털 샘플링 방식 기반의 광전송 기술을 적용한 사업자별로 독립된 망을 운용

출처: <https://www.newspim.com/news/view/20201210000271>

JS Lab

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 실내 분산 안테나 시스템 기술 (5G)

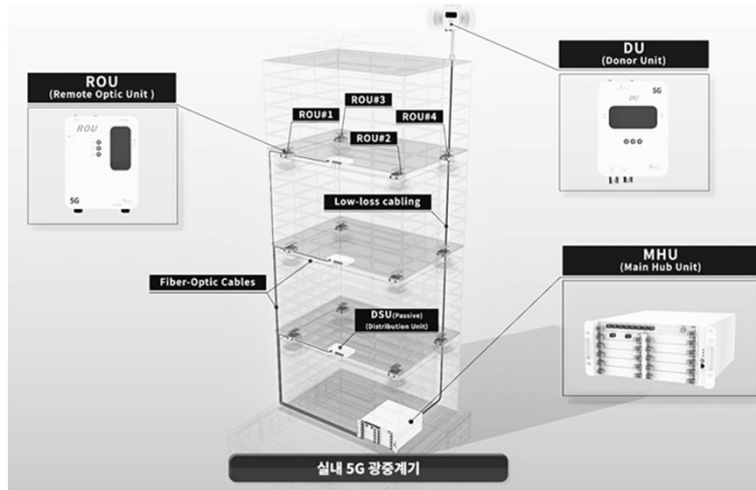


출처: <https://www.newspim.com/news/view/20201210000271>

JS Lab

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 실내 5G 광중계기

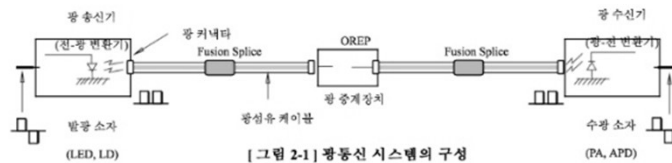


출처: <https://www.newspim.com/news/view/20201210000271>

JS Lab

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 광통신 시스템 구성



광통신 시스템의 변조방식

발광소자에 흐르는 구동 전류의 크기를 바꾸거나, 또는 일정한 구동 바이어스 전류에 신호전류를 중첩하는 것에 의해 발광 강도를 바꾸어 광신호의 진폭을 바꾸어 신호를 만들어 내고 이를 다시 발광소자에 흐르는 전류의 크기를 바꾸는 신호를 변조신호라 하고, 변조신호가 아날로그인 것을 아날로그 전송방식, 디지털인 것을 디지털 전송방식이라 한다. 디지털 전송방식에서는 보내고 싶은 정보는 "1" 또는 "0"의 두 개의 신호로 변환된다.

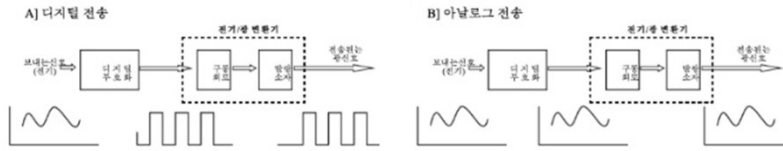
- 예를 들면, 전화에서는 음성 신호는 125μs의 주기를 가지는 음성의 강약이 8bit의 2진 부호로 나타난다. 이 부호화된 전기신호에 의해 발광소자의 광강도가 바뀌거나, 부호화된 광신호가 광섬유에 입사되어 전송된다. 이와 같은 변조방식을 직접변조방식이라 한다.
- 이와 달리 발광소자에 흐르는 전류의 크기를 바꾸는 것이 아니라 발광소자의 외부에서 빛에 정보를 실는 광회로 부품을 두고 빛이 부품을 지날 때, 빛의 위상, 주파수 또는 강도를 보내고 싶은 정보에 맞추어 바꾸는 방식을 외부변조방식이라 하는데, 코히런스 [Coherence] 통신에 있어서 변조의 수단으로 많이 사용된다. 코히런스 통신에 있어 광파에 신호를 실는 방식으로 ASK [Amplitude Shift Keying], FSK [Frequency Shift Keying] 및 PSK [Phase Shift Keying]이 있다. ASK란 신호를 반송파의 진폭의 크고, 작음으로 구분하는 변조방식이고, FSK는 주파수의 높고 낮음으로 구분하는 방식이며, PSK는 빛의 위상으로 구분하는 변조방식이다.

출처: <https://ensxoddl.tistory.com/138>

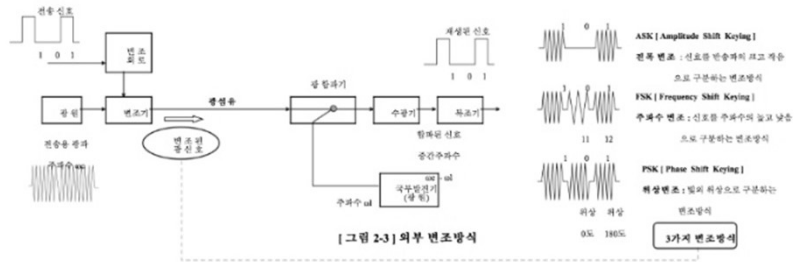
JS Lab

II. 광중계기 구조와 기술

❖ 광통신 시스템 구성



[그림 2-2] 직접 변조방식



[그림 2-3] 외부 변조방식

출처: <https://ensxoddl.tistory.com/138>

JS Lab



- I. Access Network 구성
- II. 광중계기 구조와 기술
- III. RF 중계기 구조와 기술
- IV. 오픈소스 프로젝트

JS Lab

III. RF 중계기 구조와 기술

❖ 5G 유무선 네트워크 구조

- 이동통신에서는 실내외 음영 지역 해소를 위해 RF 중계기와 광중계기가 많이 사용되고 있다. RF 중계기는 매크로 기지국에서 나오는 공중선 신호를 사용하는 시스템으로 신호의 품질이 다소 떨어지는 단점이 있다.

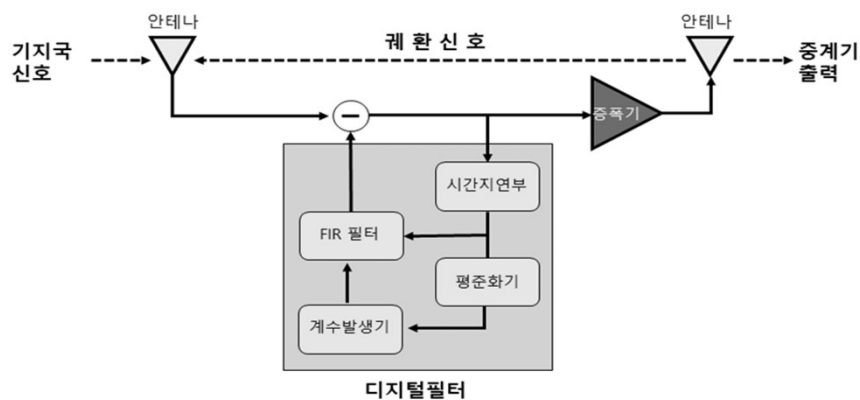
5G 융합서비스 테스트베드
james@slab.kr

*출처: 플리드 IR자료

III. RF 중계기 구조와 기술

❖ ICS(Interference Cancellation System) 중계기 구조 및 원리

- ICS 중계기는 DSP(Digital Signal Processing) 기술을 이용하요 송/수신 안테나간의 궤환(Feedback) 발진신호를 제거하는 시스템



*출처: <https://5gstory.tistory.com/2>

III. RF 중계기 구조와 기술

❖ ICS의 개념과 특징



삼지전자



FOWIN



Donor



Remote

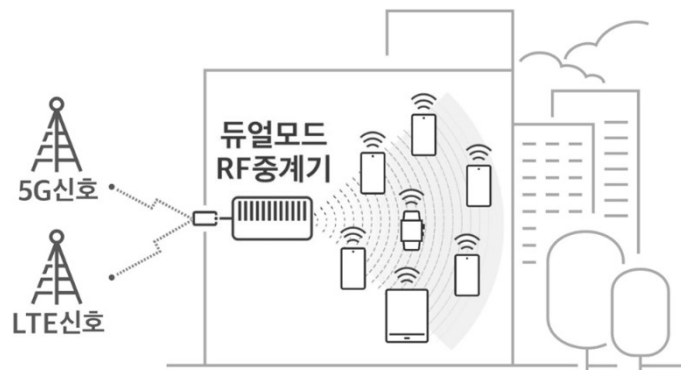
SK Telesys

*출처: 플리드 IR자료

III. RF 중계기 구조와 기술

❖ 5G·LTE 겸용 실내중계기

- 실외 기지국의 5G·LTE 전파를 받아 전파가 닿기 어려운 실내로 증폭



(출처: SK텔레콤 제공)

III. RF 중계기 구조와 기술

❖ ICS의 개념과 특징

- RF 중계기인 ICS는 신호처리 알고리즘을 통해 안테나로 재 유입되는 간섭 신호를 제거하는 특징을 갖는 중계기로, 환경 변화에 따른 입력 및 Feed-back 신호의 변화에 능동적으로 대처하여 최적의 신호 품질 및 출력을 제공



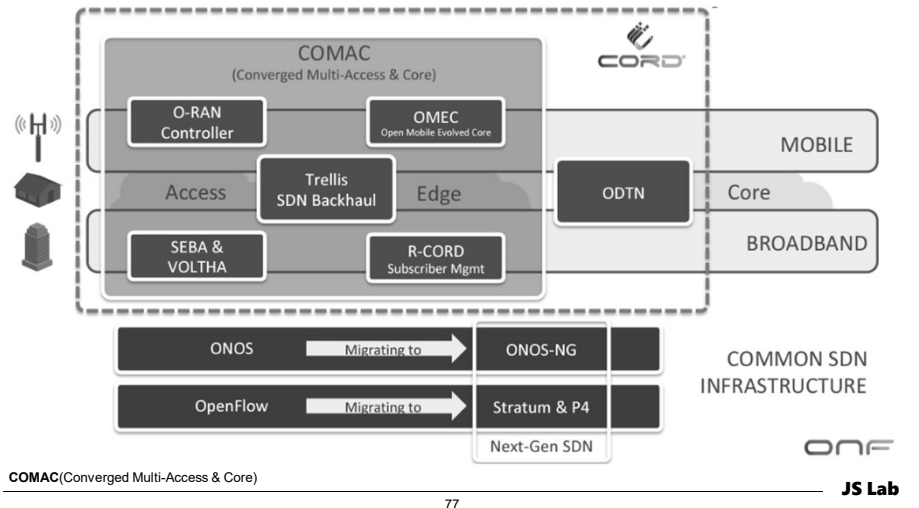
*출처: 플리드 IR자료



- I. Access Network 구성
- II. 광중계기 구조와 기술
- III. RF 중계기 구조와 기술
- IV. 오픈소스 프로젝트

IV. 오픈소스 프로젝트

❖ 모바일과 브로드밴드 통합 액세스망 환경 고려 (예: COMAC)

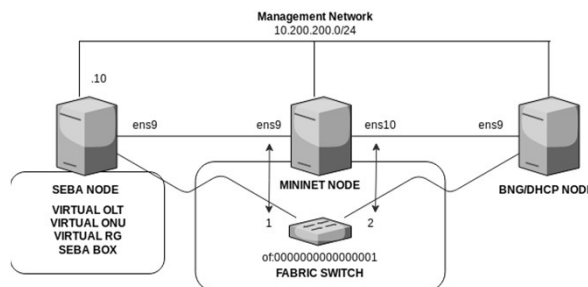


IV. 오픈소스 프로젝트

❖ SEBA Tutorial

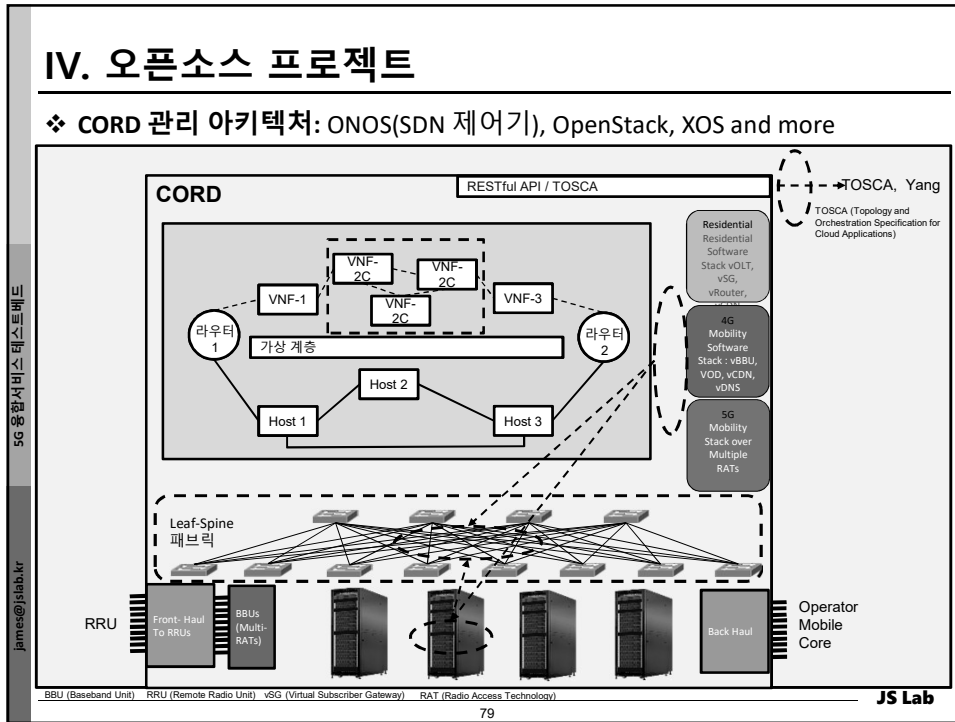
- Access including subscriber, virtual ONU, and virtual OLT & SEBA component
- Aggregation Switch
- BNG (its simply DHCP server)

- Install Docker
- Install Kubernetes
- Install Helm
- Clone SEBA/CORD Chart
- Install Kafka
- Install ONOS
- Install Mininet
- Install Voltha
- Install Ponsim
- Install NEM Chart
- Install DHCP Server



IV. 오픈소스 프로젝트

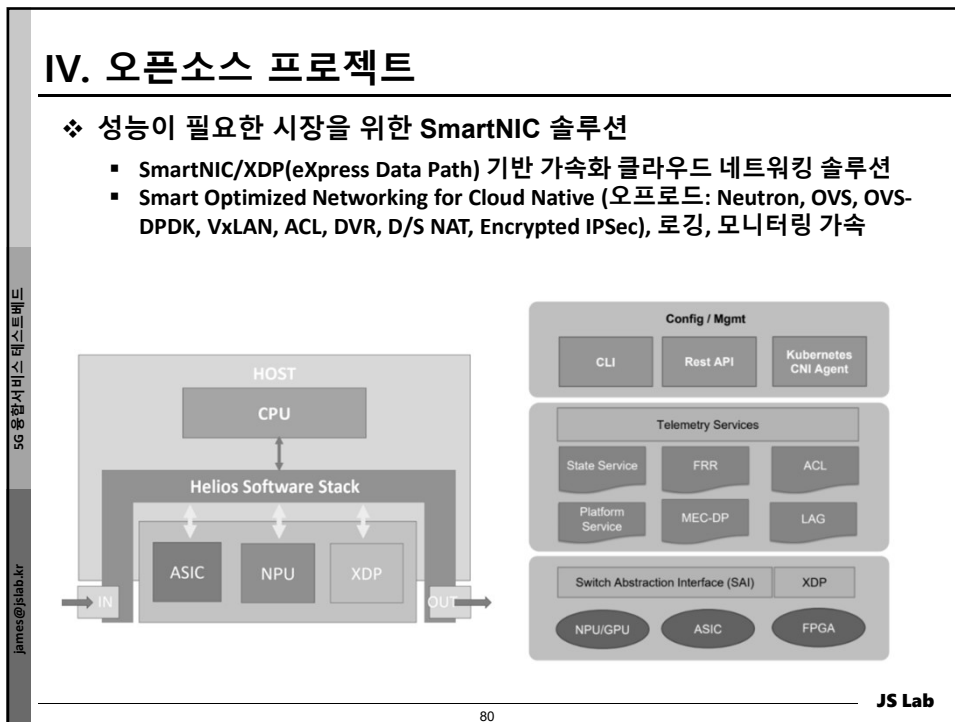
❖ CORD 관리 아키텍처: ONOS(SDN 제어기), OpenStack, XOS and more



IV. 오픈소스 프로젝트

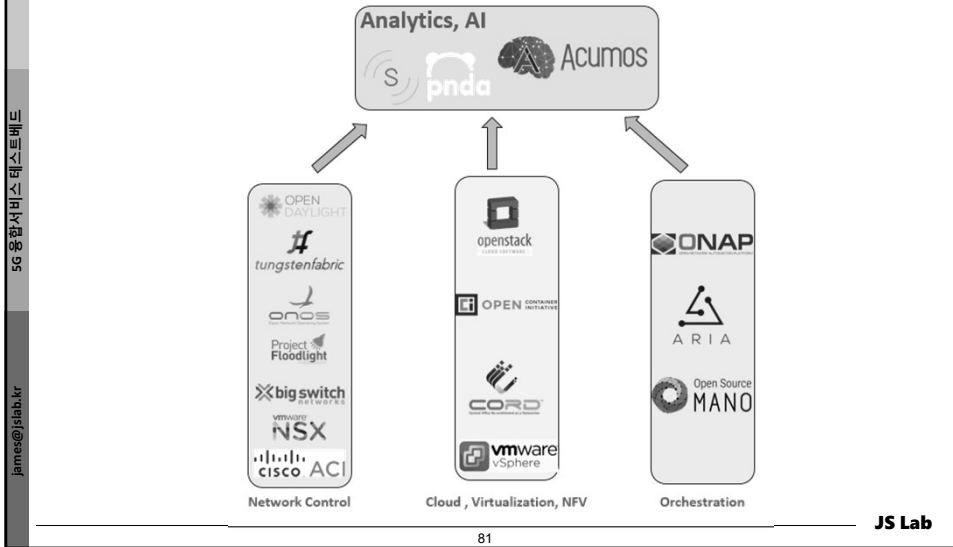
❖ 성능이 필요한 시장을 위한 SmartNIC 솔루션

- SmartNIC/XDP(eXpress Data Path) 기반 가속화 클라우드 네트워킹 솔루션
- Smart Optimized Networking for Cloud Native (오픈로드: Neutron, OVS, OVS-DPDK, VxLAN, ACL, DVR, D/S NAT, Encrypted IPsec), 로깅, 모니터링 가속



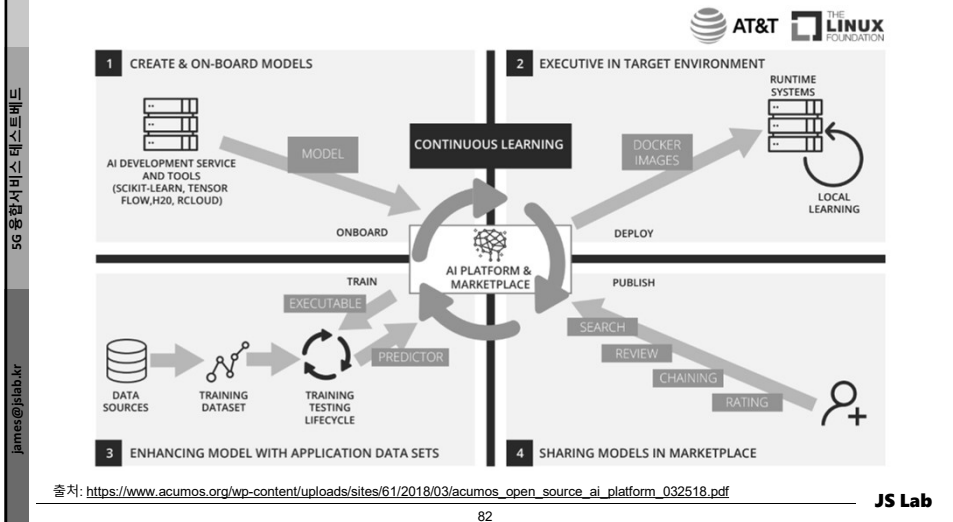
IV. 오픈소스 프로젝트

❖ The Linux Foundation Network Analytics Projects



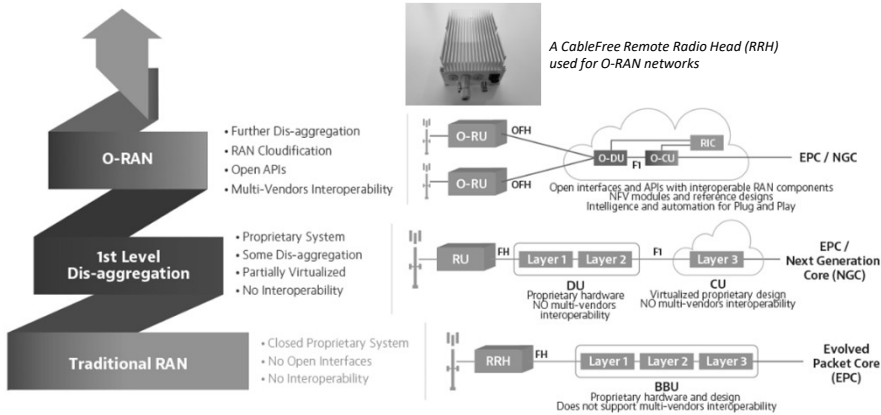
IV. 오픈소스 프로젝트

- ❖ Acumos
- ❖ An Open Source AI Machine Learning Platform
 - By AT&T and The Linux Foundation



IV. 오픈소스 프로젝트

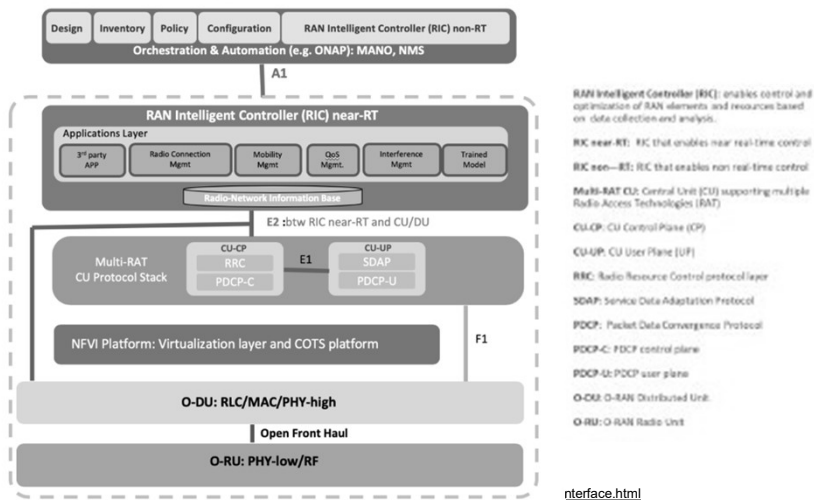
❖ ORAN explained: Picture courtesy VIAVI solutions



출처: <https://www.5g-networks.net/5g-technology/openran-o-ran-for-5g-explained/>

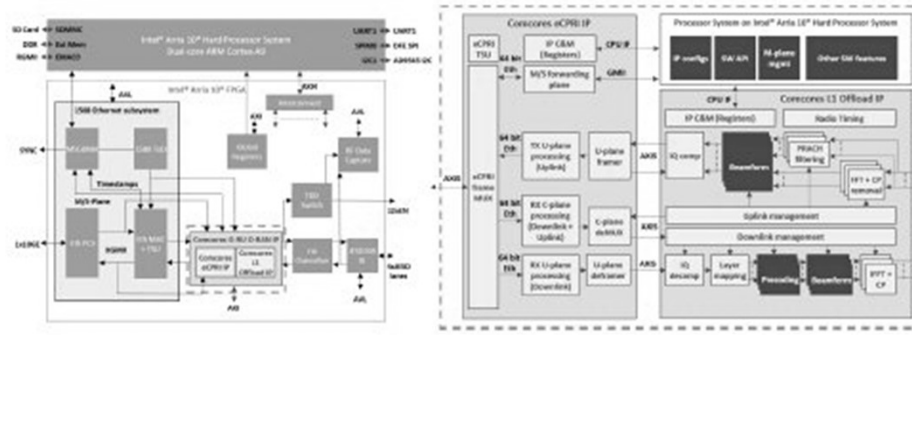
IV. 오픈소스 프로젝트

❖ O-RAN Architecture



IV. 오픈소스 프로젝트

❖ O-RU FPGA design and Comcores IP

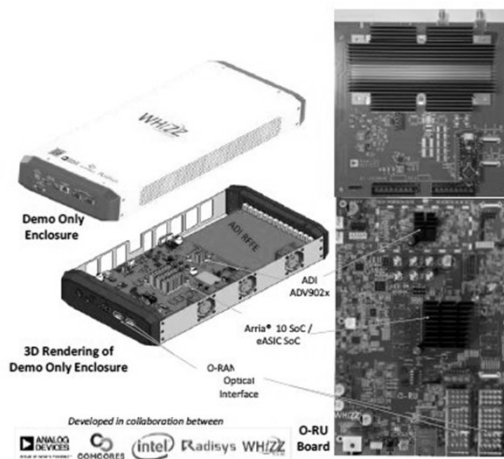


5G 융합서비스 테스트베드 james@jslab.kr

JS Lab

IV. 오픈소스 프로젝트

❖ O-RAN O-RU whitebox



출처: <https://www.design-reuse.com/articles/48289/opening-the-5g-radio-interface.html>

JS Lab

5G 융합서비스 테스트베드 james@jslab.kr

IV. 오픈소스 프로젝트

❖ The Status of Open Source for 5G (1 of 2) - 5G Americas

5G Network Area	Focus	Brief Description	Open Source Effort References
Infrastructure	Hardware	High performance at lower cost by programmability and specialization of tasks	Open Compute Project: https://www.opencompute.org P4: https://p4.org
Infrastructure	Networking	Fast rate packet processing by acceleration techniques	DPDK: http://dpdk.org VPP: https://fd.io
Infrastructure	Operating System	Enabling white box use in carrier grade networks	Linux: https://www.linuxfoundation.org/projects/linux/ Berkie Software Distribution: http://www.bsd.org Disaggregated Network Operating System: https://www.danosproject.org
Access Network	Radio	Implementing 4G LTE and 5G Radio Access Network for NodeB and/or User Equipment	openair5G: https://gitlab.eurecom.fr/oa/openairinterface5g/wikis/home O-RAN: https://www.o-ran.org/
Core Network	Wireless Core Network	Implementing 4G LTE EPC and 5G NGC	openairCN: https://gitlab.eurecom.fr/oa/openairinterface5g/wikis/home M-CORD NGIC: https://software.intel.com/en-us/articles/an-interactive-demo-of-the-next-generation-infrastructure-core-reference-implementation
Management & Control	Networking	Carrier grade packet processing and flow control	OpenDaylight: https://www.opendaylight.org ONOS: https://onosproject.org Open vSwitch: https://www.openvswitch.org M-CORD NGIC: https://software.intel.com/en-us/articles/an-interactive-demo-of-the-next-generation-infrastructure-core-reference-implementation FD.io: https://fd.io
Management & Control	Virtualization	Abstraction of general compute resources to be shared across multiple applications and logical networks	OpenStack: https://www.openstack.org Kubernetes: https://kubernetes.io Docker: https://www.docker.com
Management & Control	Orchestration	Frameworks for describing dynamic function and network deployment policies with specific performance characteristics	Open Source MANO (OSM): https://osm.etsi.org MEF Lifecycle Service Orchestration (LSO): XOS: https://www.opennetworking.org/xos/

5G 오픈서버리스 테스트베드 james@jslab.kr

IV. 오픈소스 프로젝트

❖ The Status of Open Source for 5G (2 of 2) - 5G Americas

5G Network Area	Focus	Brief Description	Open Source Effort References
Management & Control	Automation	Frameworks and middleware for enabling Orchestration and Management tools to configure general compute and networking components via virtualization layers	xRAN: http://www.xrn.org ONAP: https://www.onap.org Ansible: https://www.ansible.com Terraform: https://www.terraform.io/
Management & Control	Modeling	Modeling tools and languages for defining function and network services for deployment used by Orchestration Frameworks	TOSCA: https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=tosca Juju: http://jujucharms.com YAML: http://yaml.org YANG: https://tools.ietf.org/html/rfc6020
Management & Control	DevOps	Software development methods to automate process of building, validating and deploying workloads into NFV environments for service agility	Elasticsearch, Logstash, Kibana (ELK): https://www.elastic.co/elk-stack Consul: https://www.consul.io Etcd: https://coreos.com/etcd/ Jenkins: https://jenkins.io/ Puppet: https://puppet.com Chef: https://www.chef.io/chef/
Management & Control	Testing Tools		
Management & Control	Analytics	Data streaming protocols for continuous analysis of the service monitoring	Apache Kafka: https://kafka.apache.org/ Apache Spark: https://spark.apache.org/
Management & Control	AI	Framework for use of AI in Network	Automation https://www.acumos.org/
Management & Control	Edge Compute	Open source software for Edge	Computing https://www.akraino.org/
Management & Control	Cybersecurity	Security framework for Virtual network infrastructures	SHIELD: https://orsec.github.io/shield-h2020/about/summary.html

5G 오픈서버리스 테스트베드 james@jslab.kr

