

データプロセッシングユニット(DPU)を使って スライスの多様な要件へ対応するUPFを 作りつつある話

NTTドコモ
國友 宏一郎 宮崎 祐哉

日本電信電話
平井 志久

2024/7/4

発表者紹介



國友 宏一郎



宮崎 祐哉



平井 志久

検討の背景

はじめに



JANOG53 Meeting In Hakata

ハードウェアオフロード技術を使って高性能で 省電力なUPFを作ろうとした話 (モバイルトラフィック増大への対策)

KDDI株式会社
木本 瑞希、立和名 隼人、藪原 稔

2024年1月18日

JANOG53公開資料



藪原 稔,木本 瑞希,立和名 隼人: “ハードウェアオフロード技術を使って高性能で省電力なUPFをつくろうとした話 (モバイルトラフィック増大への対策)”. JANOG53

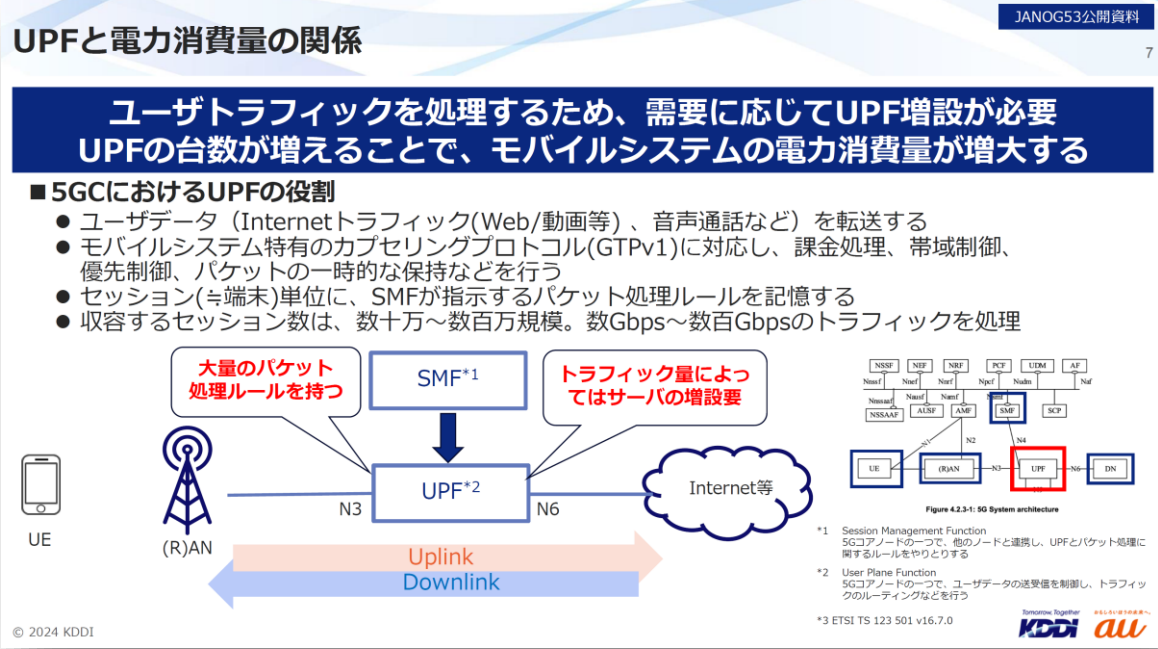
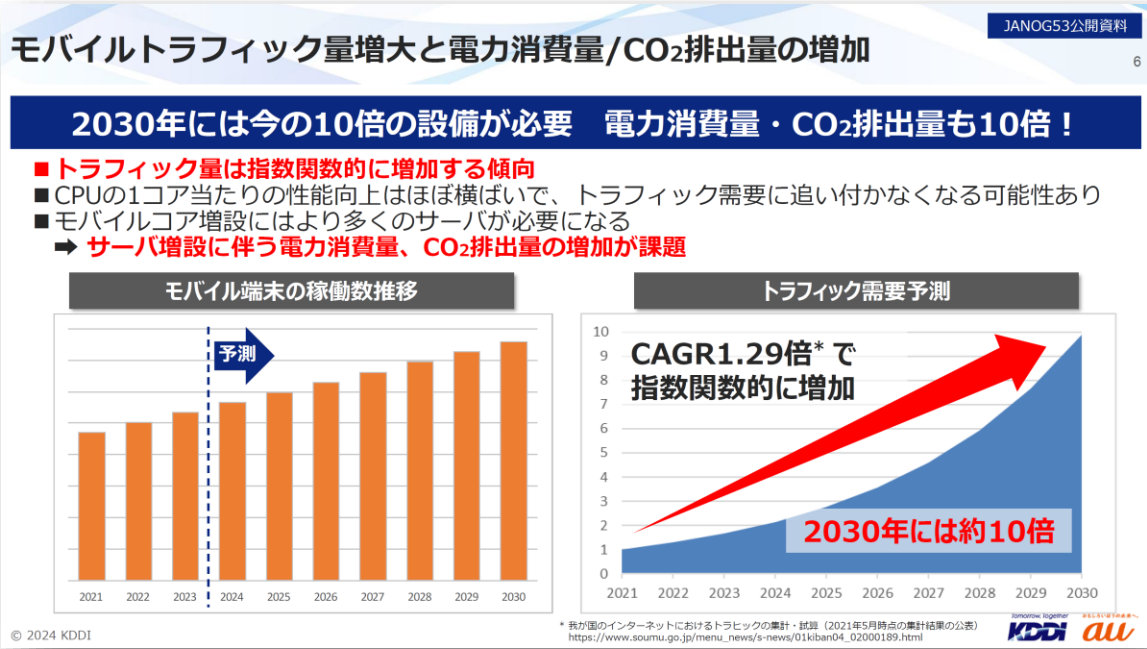
<https://www.janog.gr.jp/meeting/janog53/p4upf/>

別に真似したわけではないですよ？
(タイトルはリスペクトさせて頂きましたが。)

“**話しあい**で繋ぐInternet”にふさわしく、
ドコモ+NTTの取り組みを話しあいたいのです！

モバイルトラフィックの増大と電力消費

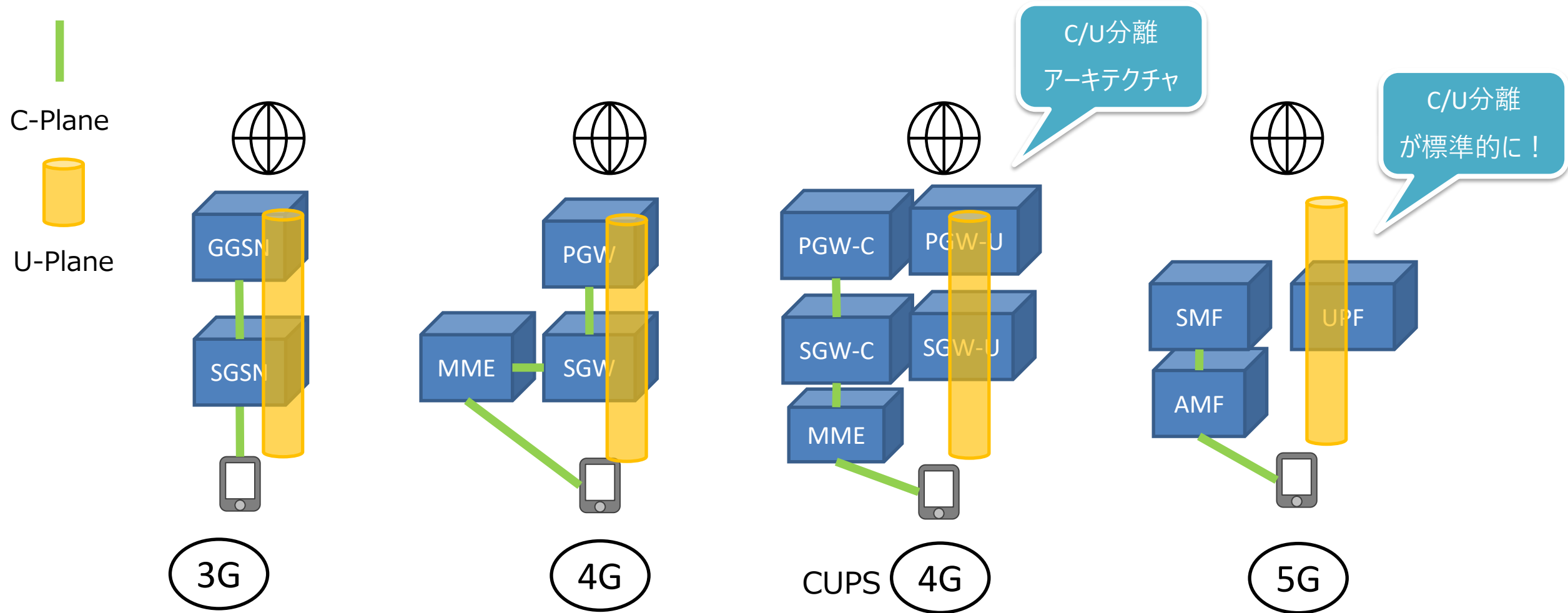
基本的にはオペレータとしての課題は同じ！



藪原 穰,木本 瑞希,立和名 隼人:“ハードウェアオフロード技術を使って高性能で省電力なUPFをつくろうとした話（モバイルトラフィック増大への対策）”. JANOG53
<https://www.janog.gr.jp/meeting/janog53/p4upf/>

ドコモとしての課題は？

(ドコモの)U-Planeを取り巻く歴史

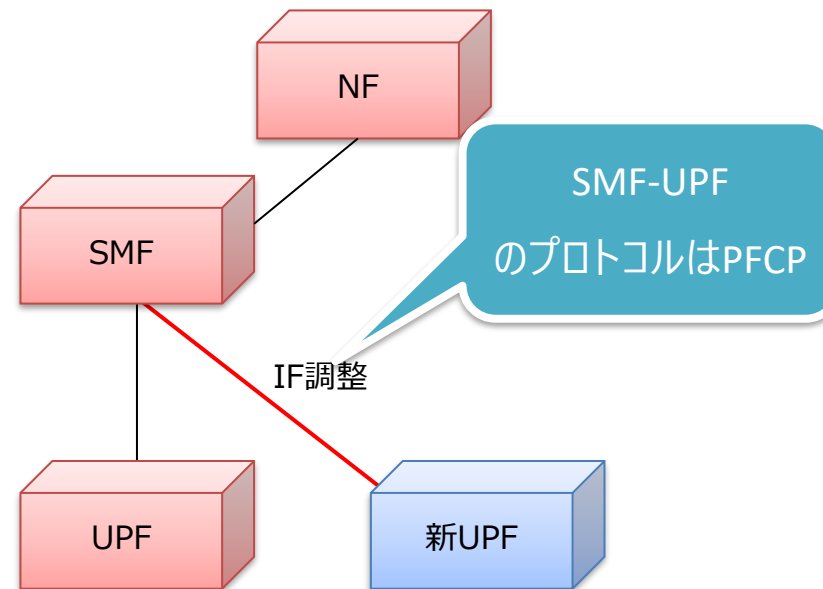


UPFだけを異なるもの(高性能etc.)を導入することが可能に！

CUPS:Control and User Plane Separation

U-Plane装置を新規に導入するには

U-Plane装置だけを新規に導入するにあたってどのようにすべきか？



SMF-UPF間のIF調整には課題があり単純にUPFだけ入れるのは難しい！

SMF/UPFが異なることによる課題の一部。。。

・標準上、一部機能はCP/UP局どちらで実施しても良いとなっている。

例: RADIUS, Downlink Data Bufferingなど

→ベンダ差分を生む恐れがあり、マルチベンダ接続時に課題と成り得る。

・PFCPのパラメータの解釈余地がありすぎる

→Network Instanceとかあるよね~~~~

・商用で使う上での要件 PFCPのアレソレに対応しないといけない

・QoSとか課金とかちゃんとやろうと思うとPCCルール、SDFフィルターに対応しないといけない

・実はUPFには種類がある

→ 世の中にはHOをサポートしていないUPFが存在する ※FWA向け

And more。。。

Table 7.5.2.2-1: Create PDR IE within PFCP Session Establishment Request									
Octet 1 and 2	Information elements	Condition / Comment	Create PDR IE Type = 1 (decimal)				Length = n		
Octets 3 and 4			Sx a	Sx b	Sx c	N4	IE Type		
PDR ID	M	This IE shall uniquely identify the PDR among all the PDRs configured for that PFCP session.	X	X	X	X	PDR ID		
Precedence	M	This IE shall indicate the PDR's precedence to be applied by the UP function among all PDRs of the PFCP session, when looking for a PDR matching an incoming packet.	X	X	X	X	Precedence		
PDI	M	This IE shall contain the PDI against which incoming packets will be matched. See Table 7.5.2.2-2.	X	X	X	X	PDI		
Outer Header Removal	C	This IE shall be present if the UP function is required to remove one or more outer header(s) from the packets matching this PDR.	X	X	X	X	Outer Header Removal		
FAR ID	C	This IE shall be present if the Activate Predefined Rules IE is not included or if it is included but it does not result in activating a predefined FAR. When present this IE shall contain the FAR ID to be associated to the PDR.	X	X	X	X	FAR ID		
URR ID	C	This IE shall be present if a measurement action shall be applied to packets matching this PDR. When present, this IE shall contain the URR IDs to be associated to the PDR. Several IEs may represent a list.	X	X	X	X	URR ID		
QER ID	C	This IE shall mark the QER associated to the PDR. When present, this IE shall contain the QER ID to be associated to the PDR. Several IEs may represent a list.	X	X	X	X	QER ID		
Activate Predefined Rules	C	This IE shall activate for one Predefined Rules. Several IEs may represent a list.	X	X	X	X	Activate Predefined Rules		

Table 7.5.2.2-2: PDI IE within PFCP Session Establishment Request									
Octet 1 and 2	Information elements	Condition / Comment	PDI IE Type = 2 (decimal)				Length = n		
Octets 3 and 4			Sx a	Sx b	Sx c	N4	IE Type		
Source Interface	M	This IE shall identify the source interface of the incoming packet.	X	X	X	X	Source Interface		
Local F-TEID	O	This IE shall not be present if Traffic Endpoint ID is present. If present, this IE shall identify the local F-TEID to match for an incoming packet. The CP function shall set the CHOOSE (CH) bit to 1 if the UP function supports the allocation of F-TEID and the CP function requests the UP function to assign a local F-TEID to the PDR.	X	X	X	X	F-TEID		
Network Instance	O	This IE shall not be present if Traffic Endpoint ID is present. If present, this IE shall identify the Network Instance to match for the incoming packet. See NOTE 1, NOTE 2.	X	X	X	X	Network Instance		
UE IP address	O	This IE shall not be present if Traffic Endpoint ID is present. If present, this IE shall identify the source or destination IP address to match for the incoming packet. (NOTE 5)	X	X	X	X	UE IP address		
Traffic Endpoint ID	C	This IE may be present if the UP function has indicated the support of PDI optimization. If present, this IE shall uniquely identify the Traffic Endpoint for that PFCP session.	X	X	X	X	Traffic Endpoint ID		
SDF Filter	O	If present, this IE shall identify the SDF filter to match for the incoming packet. Several IEs with the same IE type may be present.	X	X	X	X	SDF Filter		

3GPP TR 29.820 v17.0.0 (2022-03)

Technical Specification Report

3rd Generation Partnership Project

Technical Specification Group Core Network and Terminals

Study on Best Practice of PFCP

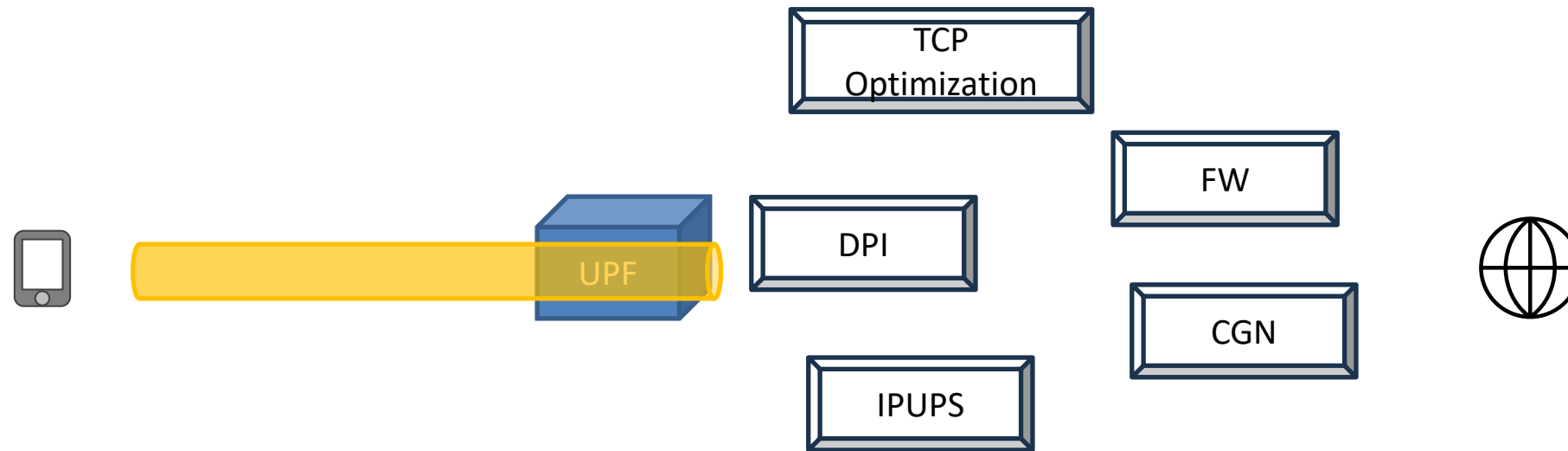
(Release 17)

相互接続性に言及したTRも。。。



UPFに求められる高度化

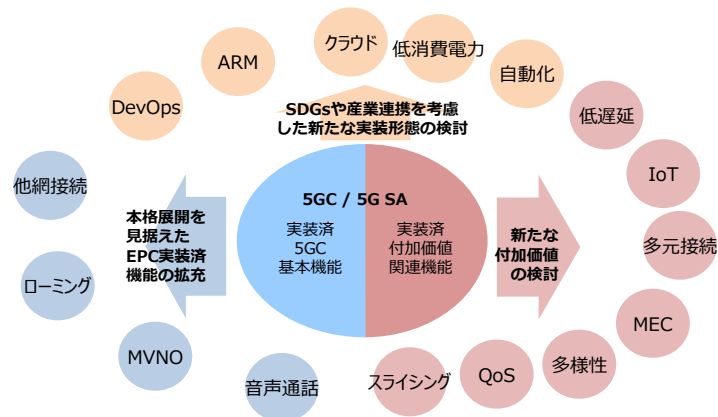
UPFの内部や周辺には他にもいろいろな機能が求められている



研究所との分担および目指すところ

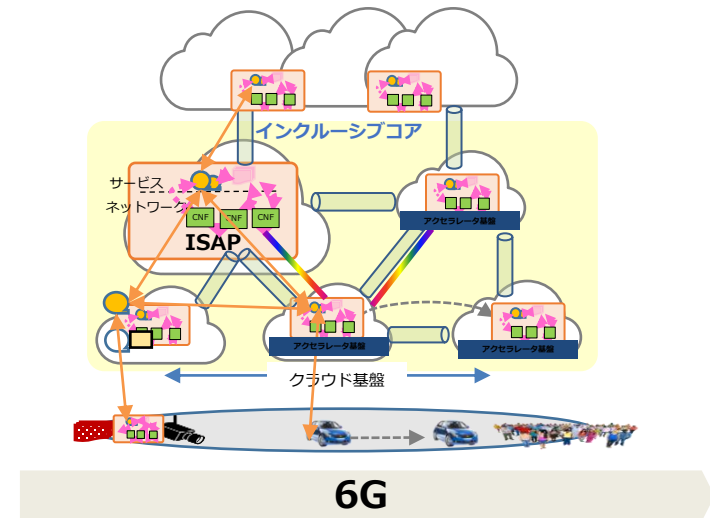
ドコモ

5GSAの高度化



NTT

6G / IOWNへ向けた取り組み



SMFとの接続対応や高機能化へ対応するための一手段として内製化！

dUPF

そもそもDPUとは？

B5G/6Gの要件・アーキテクチャ
を見据えての必要性・適用先は？

DPU等の汎用HWアクセラレーション技術を使って
内製でキャリアグレードなNW機能を作りたい(作りつつある)

DPUでUPF作ってみた

キャリアグレードに
足りてない要素は？

DPUのマルチベンダ
構成どうする？

そもそもDPUとは？

B5G/6Gの要件・アーキテクチャ
を見据えての必要性・適用先は？

DPU等の汎用HWアクセラレーション技術を使って
内製でキャリアグレードなNW機能を作りたい(作りつつある)

DPUでUPF作ってみた

キャリアグレードに
足りてない要素は？

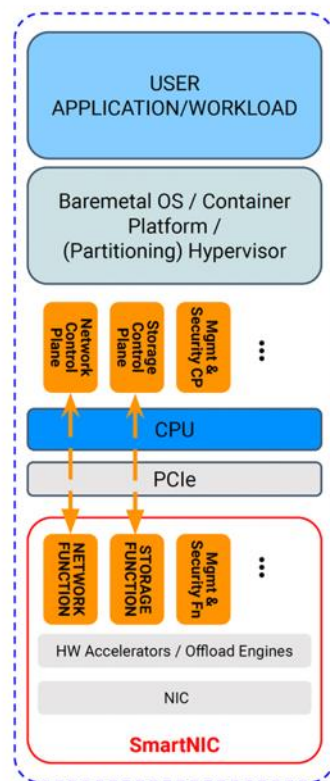
DPUのマルチベンダ
構成どうする？

DPU/IPUの定義(っぽいもの)

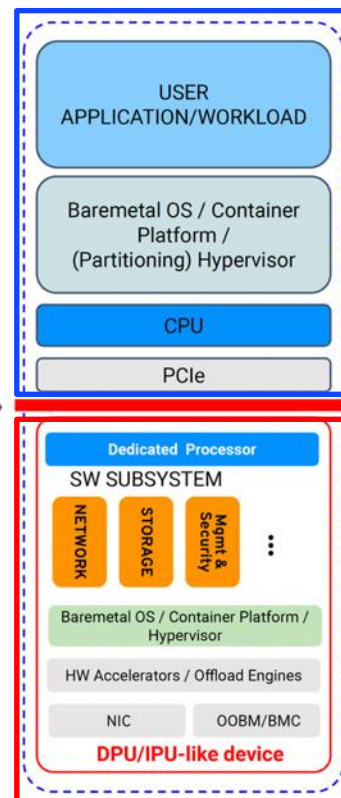
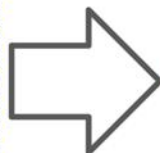
New chapter in modern system architecture

Traditional SmartNIC model

- Computer is CPU + SmartNIC as peripheral that is fully controlled by the CPU
- CPU + domain-specific HW acceleration
- Static device function



Physical server



Physical server

Hostリソースはアプリケーションに開放

- アプリケーションの管理制御を容易に(スケーリング等)
- MECでの有限リソースの効率的利用

DPU/IPU-like model

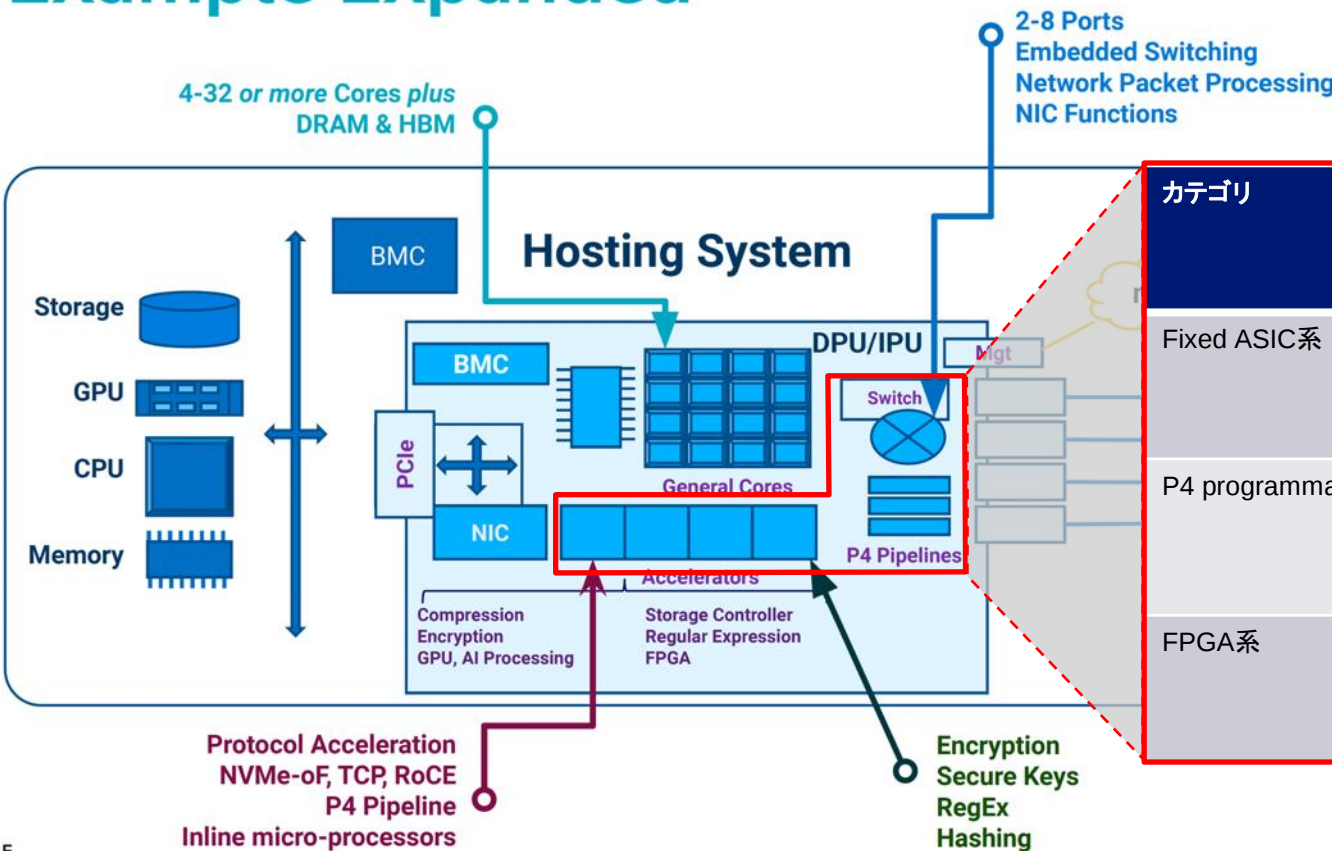
- NIC & HW accelerators move to DPU/IPU-like device with its own CPU
- Software defined device function
- Computer is an aggregation of independently intelligent subsystems

専用プロセッサ(ARM等)+特定処理をオフロード可能なHW

- アプリケーション処理とインフラ処理を分離
- ソフトウェアで定義可能なインフラ処理

DPU/IPUの内部構成による分類

DPU Example Expanded



カテゴリ	製品例	備考
Fixed ASIC系	● NVIDIA BlueField-2/3 ● Marvell OCTEON10	Fixed ASIC + ARM
P4 programmable ASIC系	● Intel IPU E2100 ● AMD Pensando DSC2-200	P4 programmable ASIC + ARM
FPGA系	● Intel IPU F2000X-PL 等、他多数	FPGA + Xeon



そもそもDPUとは？

B5G/6Gの要件・アーキテクチャ
を見据えての必要性・適用先は？

DPU等の汎用HWアクセラレーション技術を使って
内製でキャリアグレードなNW機能を作りたい(作りつつある)

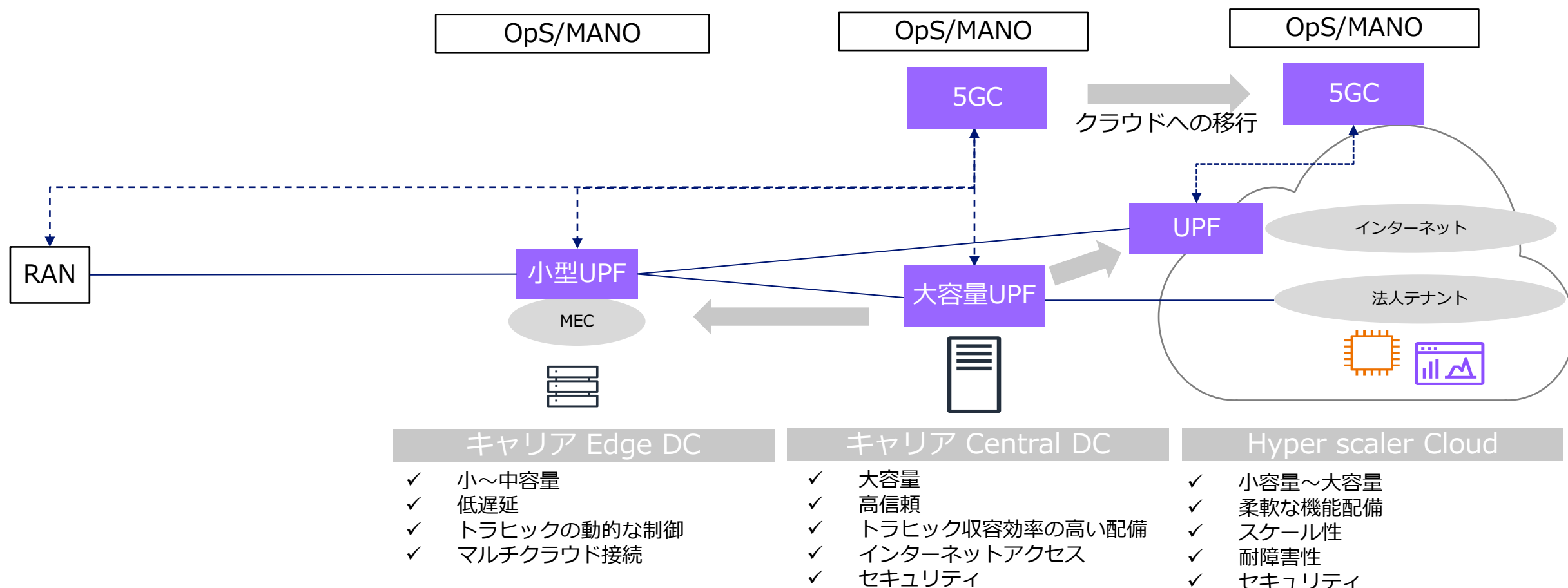
DPUでUPF作ってみた

キャリアグレードに
足りてない要素は？

DPUのマルチベンダ
構成どうする？

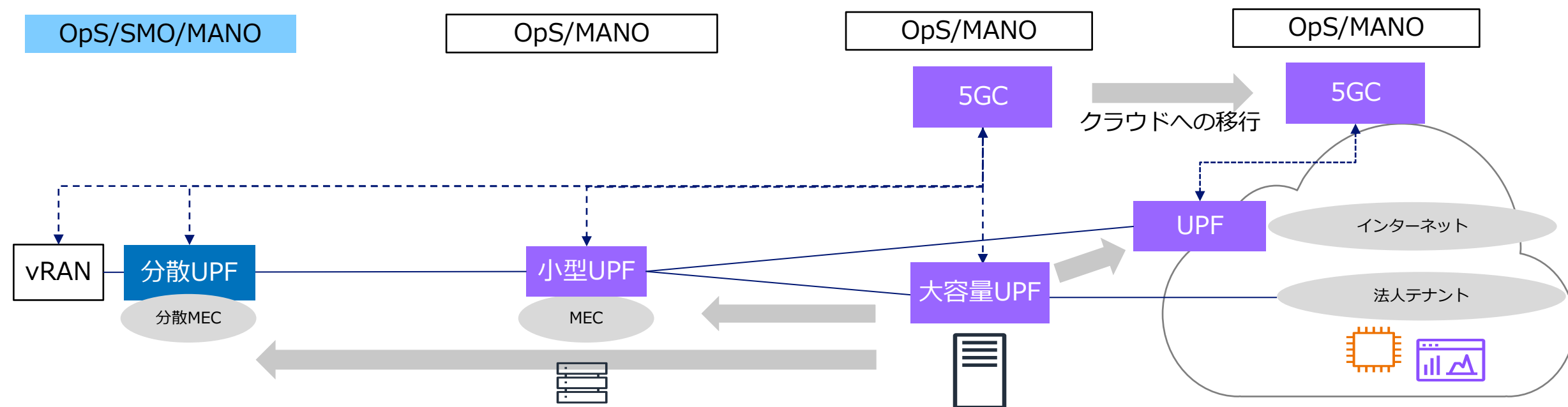
現行5Gアーキテクチャ

- NW仮想化の導入と発展により、クラウドやエッジへの柔軟な機能配備が可能に
- エッジ側では、MECのようにNW内である程度のコンピューティング処理能力を獲得



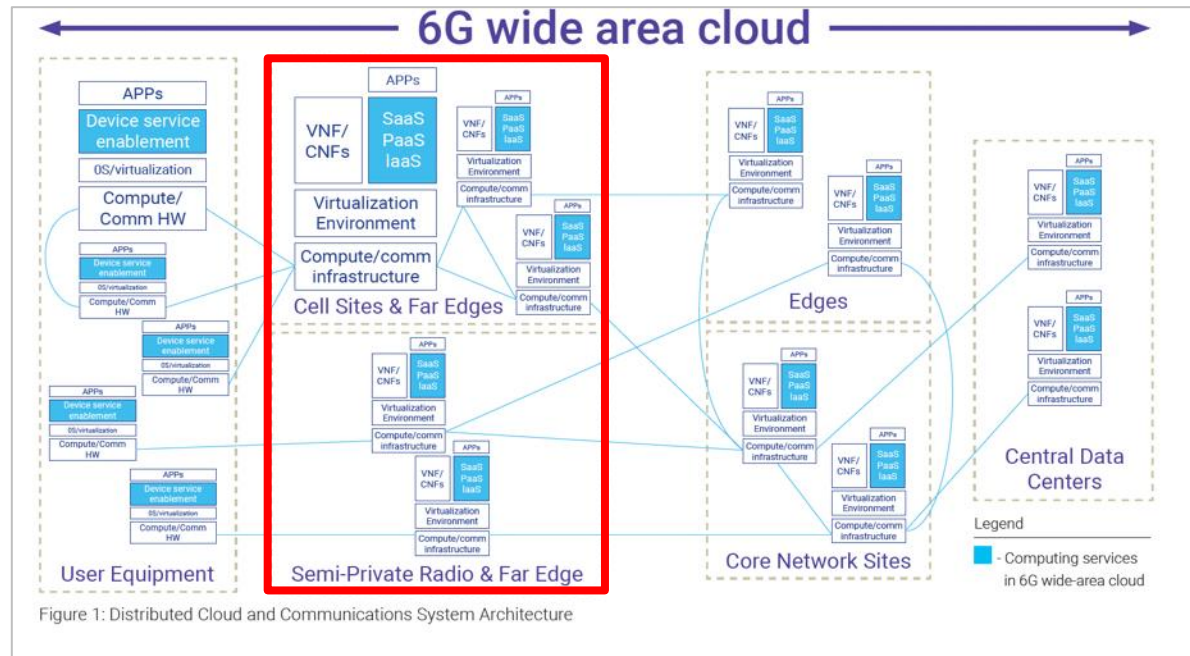
B5G/6G時代のアーキテクチャ

- Far Edgeのような、より端末(UE)の物理的に近い拠点に5Gコア機能(UPF)が分散
- Far Edgeでは、vRAN/コア/MECとの統一基盤として、より融合・協調動作が可能(必要)

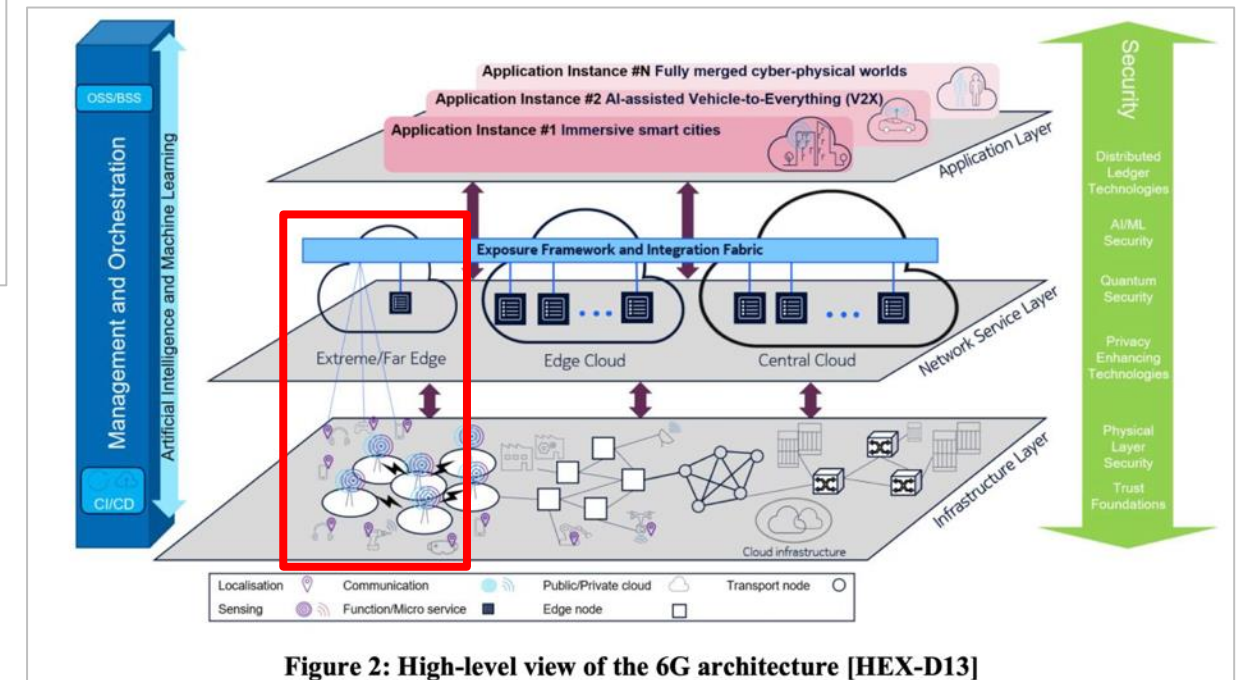


キャリア Far Edge	キャリア Edge DC	キャリア Central DC	Hyper scaler Cloud
✓ RAN/MECとの共有 ✓ 超低遅延、低ジッタ ✓ 小型軽量・小規模・低消費電力 ✓ 機能/デプロイの柔軟性 ✓ ハード・ソフトのオープン化	✓ 小～中容量 ✓ 低遅延 ✓ トラヒックの動的な制御 ✓ マルチクラウド接続	✓ 大容量 ✓ 高信頼 ✓ トラヒック収容効率の高い配備 ✓ インターネットアクセス ✓ セキュリティ	✓ 小容量～大容量 ✓ 柔軟な機能配備 ✓ スケール性 ✓ 耐障害性 ✓ セキュリティ

(参考) 各国団体のアーキテクチャStudy



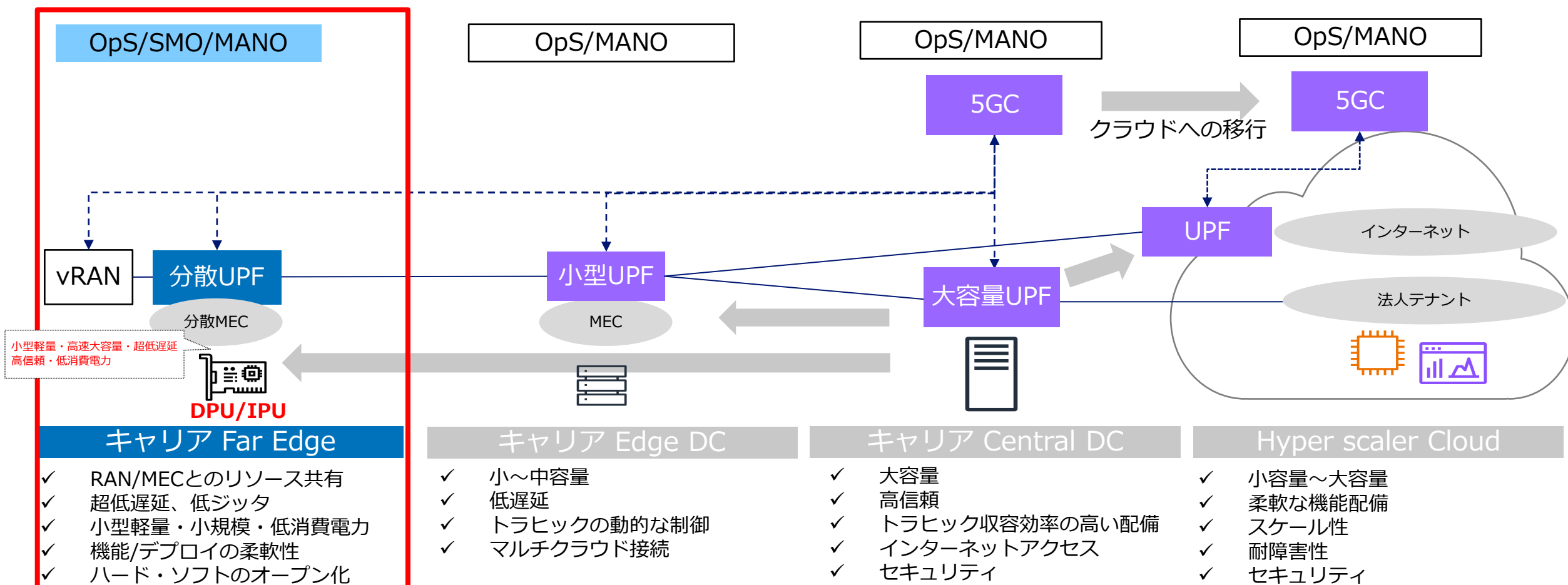
Next G Alliance Report: 6G Distributed Cloud and Communications Systems
https://nextgalliance.org/white_papers/6g-distributedcloud-andcommunicationssystems/



5G PPP Architecture Working Group: The 6G Architecture Landscape European perspective
https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2022/12/6G-Arch-Whitepaper_v1.0-final.pdf

DPUベースNW機能の適用領域

- Far Edgeにおけるモバイル終端点としての有効性(小型大容量・超低遅延高信頼・低消費電力)
- vRAN/MECとのインフラ共用を前提としAIアプリ等に有限のコンピューティングリソースを開放



そもそもDPUとは？

B5G/6Gの要件・アーキテクチャ
を見据えての必要性・適用先は？

DPU等の汎用HWアクセラレーション技術を使って
内製でキャリアグレードなNW機能を作りたい(作りつつある)

DPUでUPF作ってみた

キャリアグレードに
足りてない要素は？

DPUのマルチベンダ
構成どうする？

NS研で利用してきたSmartNIC/DPU



2022.9~
NVIDIA
ConnectX-6DX



<https://nvdam.widen.net/s/qpszhmhpzt/networking-overall-dpu-datasheet-connectx-6-dx-smartnic-1991450>

2023.1~
NVIDIA
BlueField-2 DPU



<https://resources.nvidia.com/en-us-accelerated-networking-resource-library/bluefield-2-dpu-datasheet?ncid=no-ncid>

2024.7~
Marvell OCTEON10 DPU



<https://jp.marvell.com/content/dam/marvell/en/public-collateral/embedded-processors/marvell-octeon-10-dpu-platform-product-brief.pdf>

2023.10~ NVIDIA BlueField-3 DPU

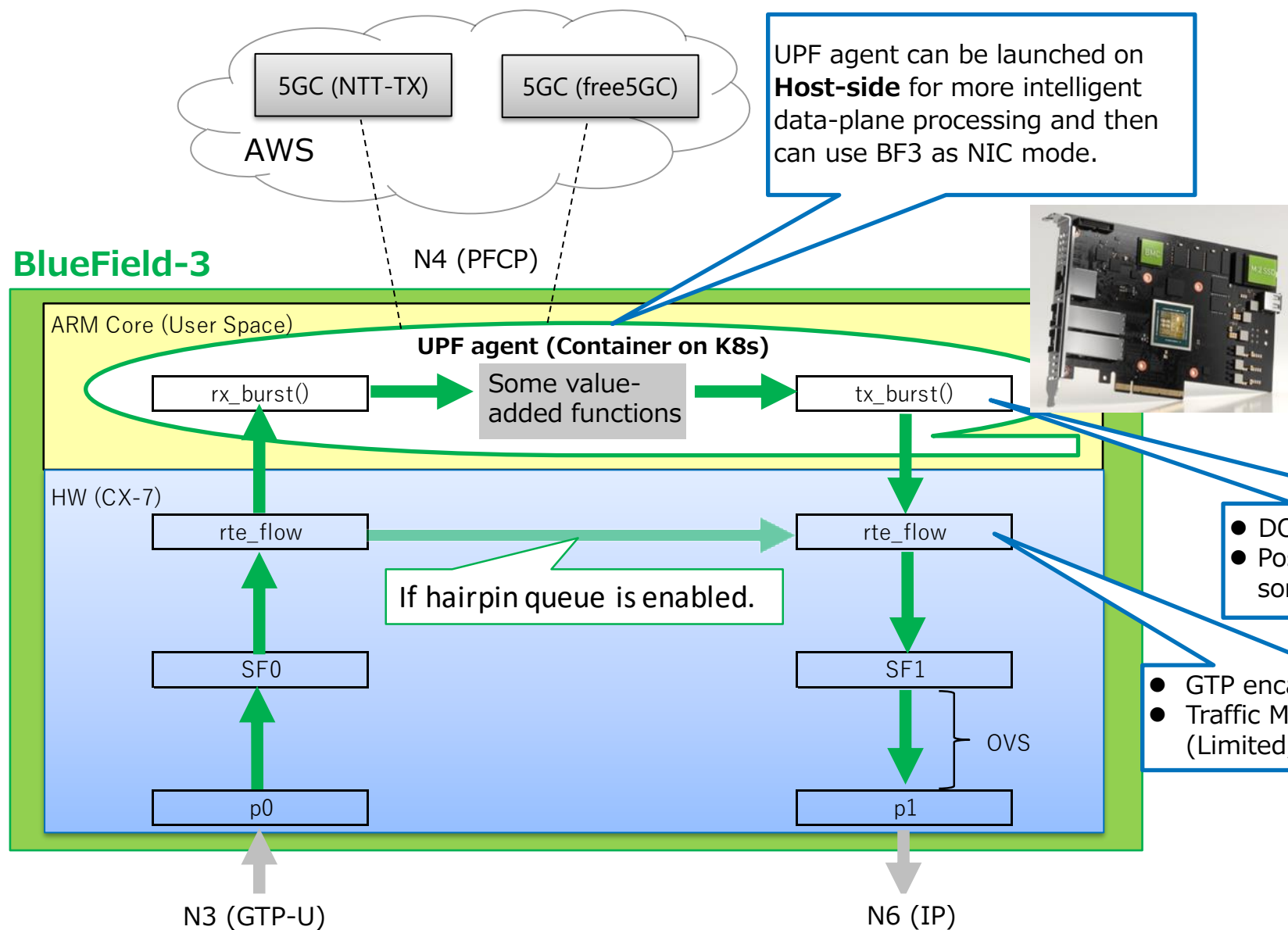


BlueField-3 DPU – 2x 200Gb/s FHHL form factor

<https://resources.nvidia.com/en-us-accelerated-networking-resource-library/datasheet-nvidia-bluefield?ncid=no-ncid>

Features		
Network Interfaces	Compute and Memory	Security
Network Interfaces > 1 or 2 ports with up to 400Gb/s Ethernet or NDR InfiniBand connectivity PCI Express Interface > 32 lanes of PCIe Gen 5.0 > Flexible PCIe switch supporting self-hosting and server-hosting Arm CPU Cores > Up to 16 Armv8.2+ A78 Hercules cores > 8MB L2 cache > 16MB LLC system cache Programmable Datapath Accelerator > 16 cores, 256 threads > Programmability through DOCA > Heavy multi-threading applications acceleration DDR and SSD Support > Dual DDR5 5600MT/s DRAM controllers > 32GB on-board DDR5 > ECC error protection support > 128GB on-board SSD Hardware Accelerations > Platform security > Secure boot with hardware root-of-trust > Secure firmware update	Storage > BlueField SNAP - Elastic block storage - NVMe™ and VirtIO-blk > NVMe-oF™ and NVMe/TCP™ acceleration > Decompression engine > Erasure coding for RAID implementation Networking > RoCE, Zero Touch RoCE > ASAP® - Accelerated Switch and Packet Processing® for SDN and VNF acceleration > Single Root I/O Virtualization (SR-IOV) > VirtIO acceleration > Overlay network acceleration > VXLAN, Geneve, NVGRE > Programmable flexible parser: user-defined classification > Connection tracking (L4 firewall) > Flow mirroring, sampling and statistics	On-board flash encryption > Device attestation > Functional isolation layer > IPsec/TLS/MACSec 128/256bit data-in-motion encryption > PSP security protocol (PSP) > AES-GCM 128/256bit key > AES-XTS 256/512bit data-at-rest encryption > Connection tracking for stateful firewall > Public key accelerator (PKA) > True random number generator (TRNG) Storage > BlueField SNAP - Elastic block storage - NVMe™ and VirtIO-blk > NVMe-oF™ and NVMe/TCP™ acceleration > Decompression engine > Erasure coding for RAID implementation Networking > RoCE, Zero Touch RoCE > ASAP® - Accelerated Switch and Packet Processing® for SDN and VNF acceleration > Single Root I/O Virtualization (SR-IOV) > VirtIO acceleration > Overlay network acceleration > VXLAN, Geneve, NVGRE > Programmable flexible parser: user-defined classification > Connection tracking (L4 firewall) > Flow mirroring, sampling and statistics
HPC/AI Accelerations > HPC / AI All-to-All engine > NVIDIA GPUDirect > NVIDIA GPUDirect Storage (GDS) > HPC MPI Tag Matching Advanced Timing and Synchronization > IEEE 1588v2 (any profile) > PTP hardware clock (PHC) > Line rate hardware timestamp > Time triggered scheduling > Time-based SDN acceleration Boot Options > Secure boot (RSA authenticated) > Remote boot over Ethernet > Remote boot over iSCSI > PXE and UEFI Management > Integrated BMC > iGbE out-of-band management port > NC-SI, MCTP over SMBus, and MCTP over PCIe > PLDM for Monitor and Control DSP0248 > PLDM for Firmware Update DSP026 > I2C interface for device control and configuration > SPI interface to flash > eMMC for storing the system's BIOS > UART debug interface > USB connector to load operating system images		

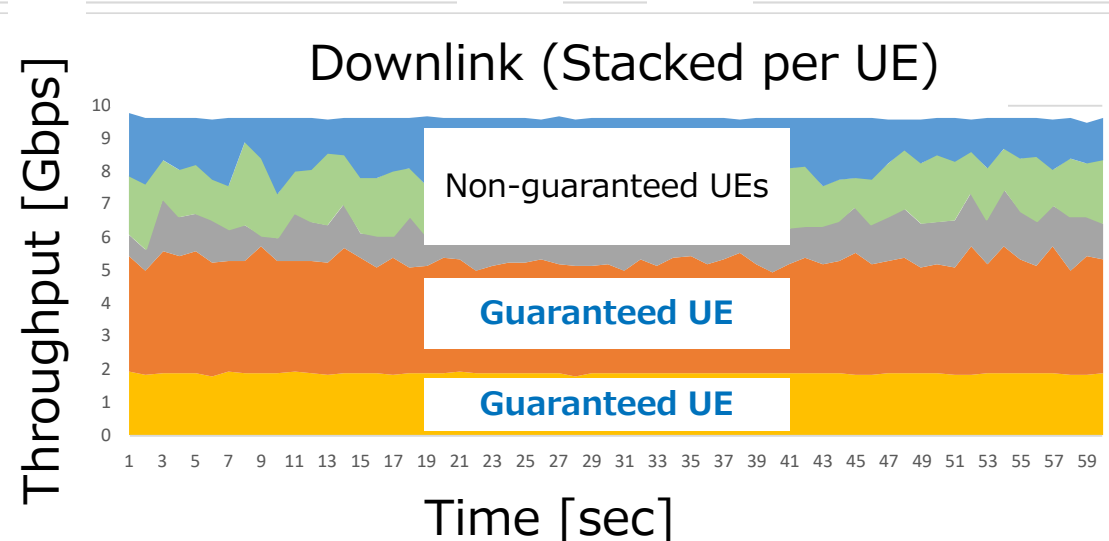
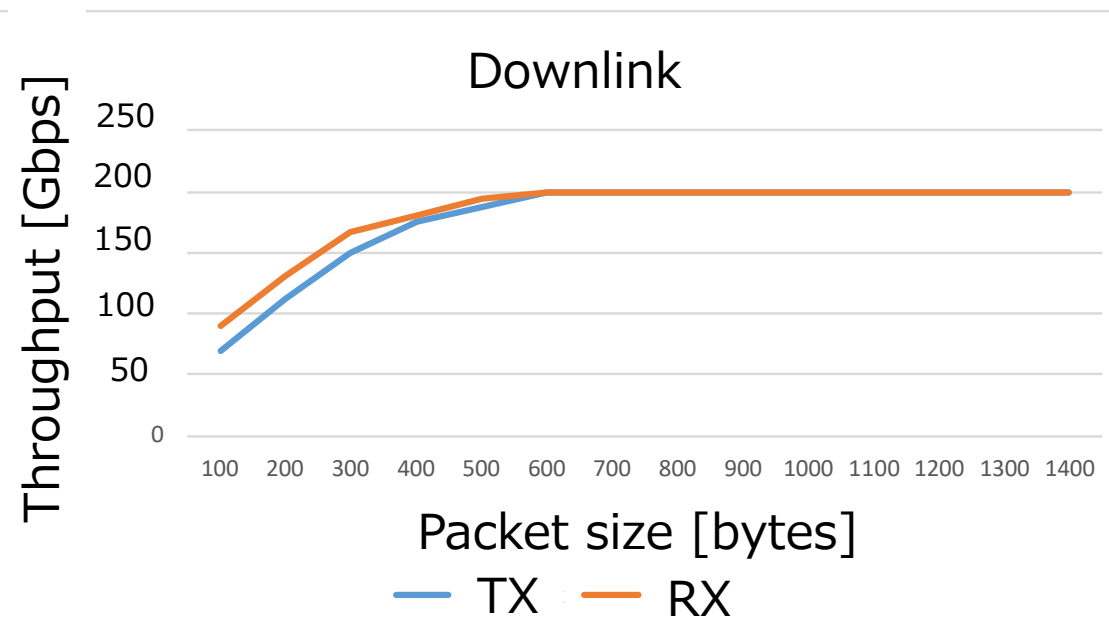
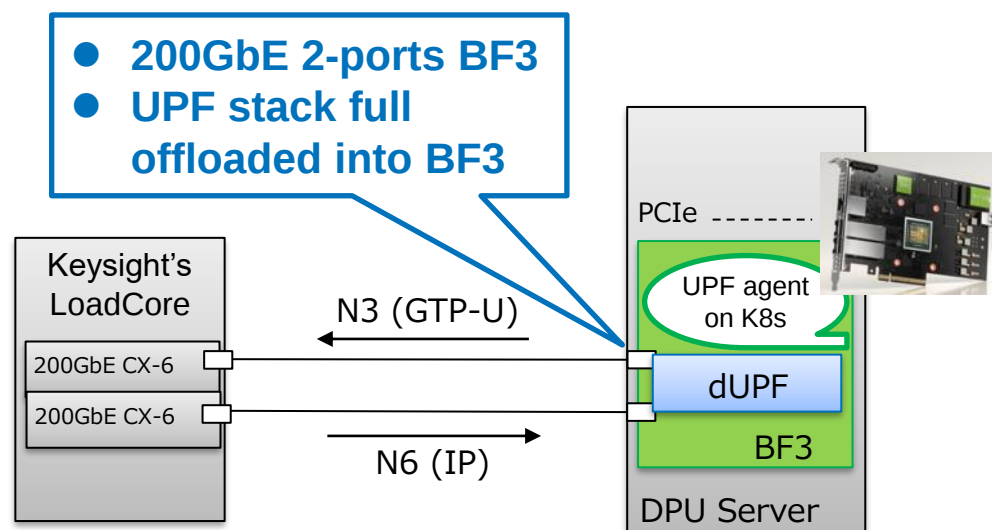
distributed UPF (dUPF) Architecture on BF3



Feature	Support
QoS	●
DPI	●
N4 (PCFP)	●
Paging	-
Charging	-
Roaming	-
Uplink Classifier (Multi-step UPF)	-

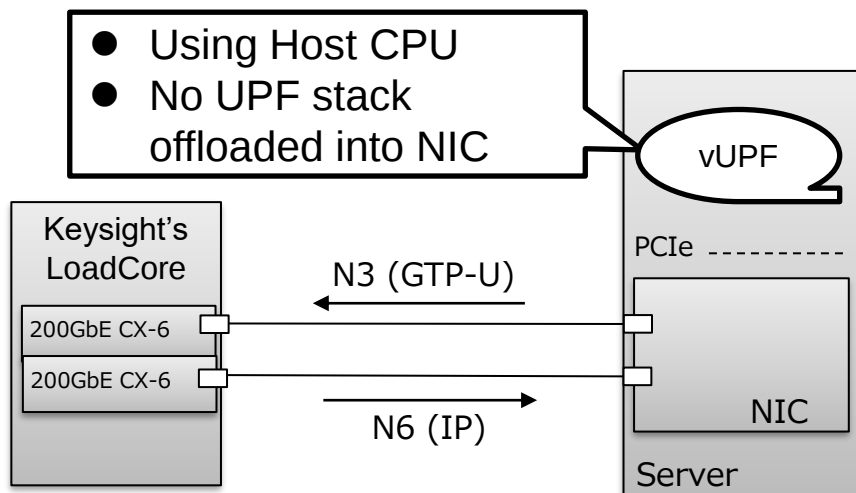
5GC: 5G Mobile Core
QoS: Quality of Service
DPI: Deep Packet Inspection
PCFP: Packet Forwarding Control Protocol
GTP: GPRS Tunneling Protocol

Performance Evaluation #1

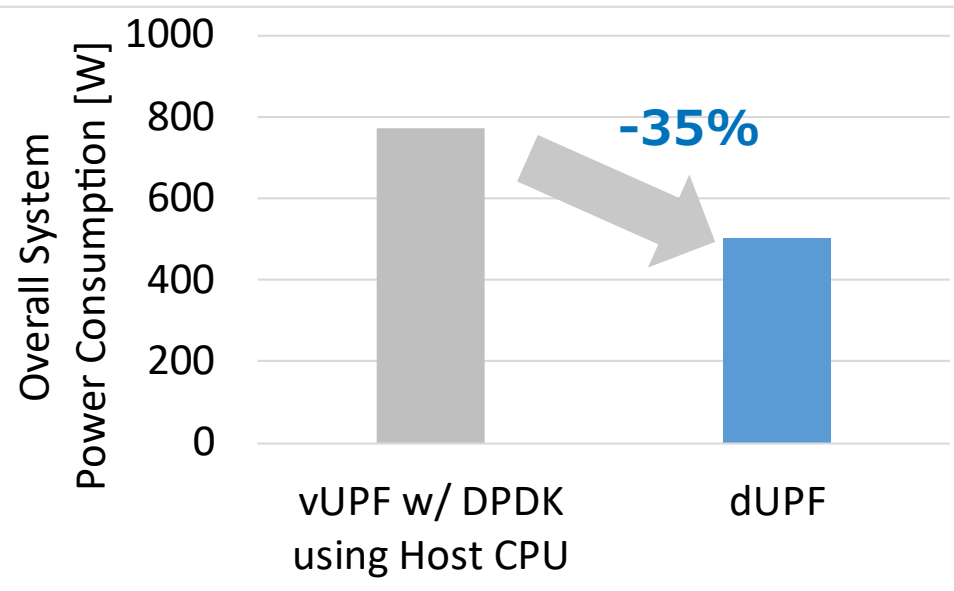
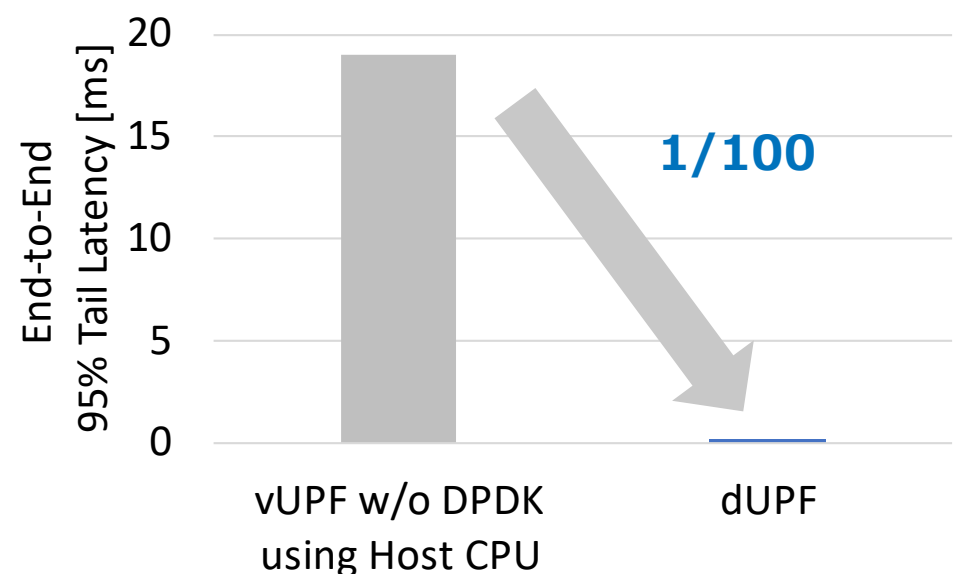
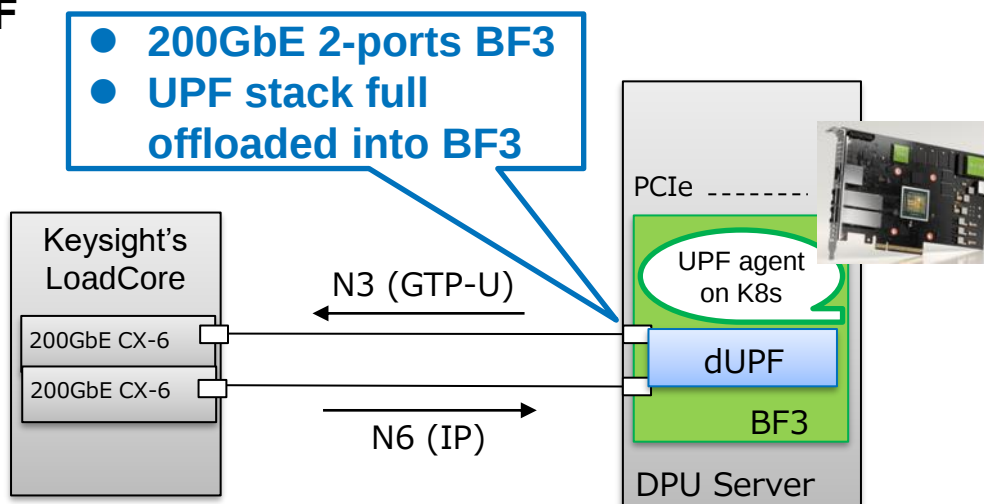


Performance Evaluation #2

(a) vUPF



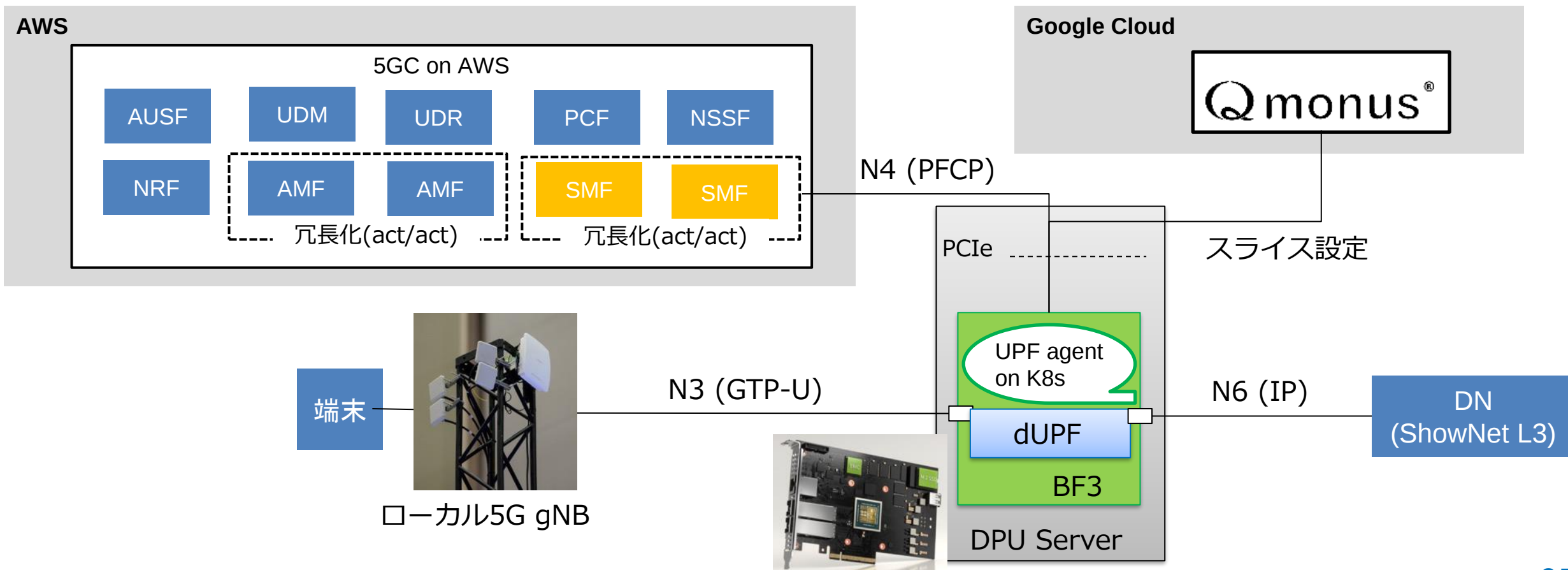
(b) dUPF



Interop Tokyo/ShowNet 2024への出展



- ドコモの5GC on AWS上のSMFとのN4 (PFCP)相互接続
- コミュニケーションズのQmonus (E2Eオーケストレータ)からのスライス設定・制御



そもそもDPUとは？

B5G/6Gの要件・アーキテクチャ
を見据えての必要性・適用先は？

DPU等の汎用HWアクセラレーション技術を使って
内製でキャリアグレードなNW機能を作りたい(作りつつある)

DPUでUPF作ってみた

キャリアグレードに
足りてない要素は？

DPUのマルチベンダ
構成どうする？

Interop Tokyo/ShowNet 2024への出展

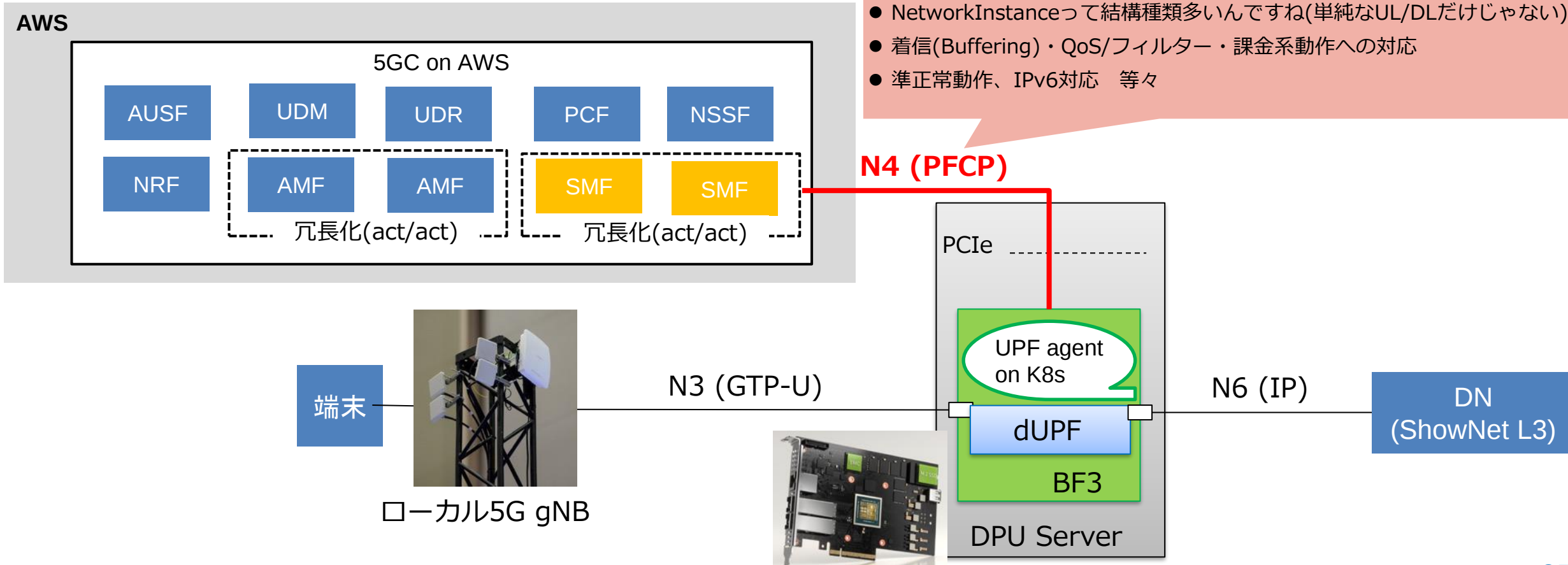
- ドコモの5GC on AWS上のSMFとのN4 (PFCP)相互接続

- コミュニケーションズのQmonus (E2Eオーケス

【今後の具体的な課題】

今回はPDUセッション確立動作中心に最低限の実装で乗り切ったけど、、、

- マルチベンダ構成ならではのCreate PDRの順不同性への対応
- NetworkInstanceって結構種類多いんですね(単純なUL/DLだけじゃない)
- 着信(Buffering)・QoS/フィルター・課金系動作への対応
- 準正常動作、IPv6対応 等々



- 着信(Buffering)・QoS/フィルター・課金系動作に真面目に対応しだすと、DPUのASIC部へのオフロード (特にFixed ASIC系)には限界がある
 - チップベンダの皆様に頑張ってもらいたく
 - よりプログラマブルなデバイス(CPU (ARM)/GPU/FPGA/P4 Programmable ASIC等)との連携が必要
 - 柔軟性の一方で性能とのトレードオフ

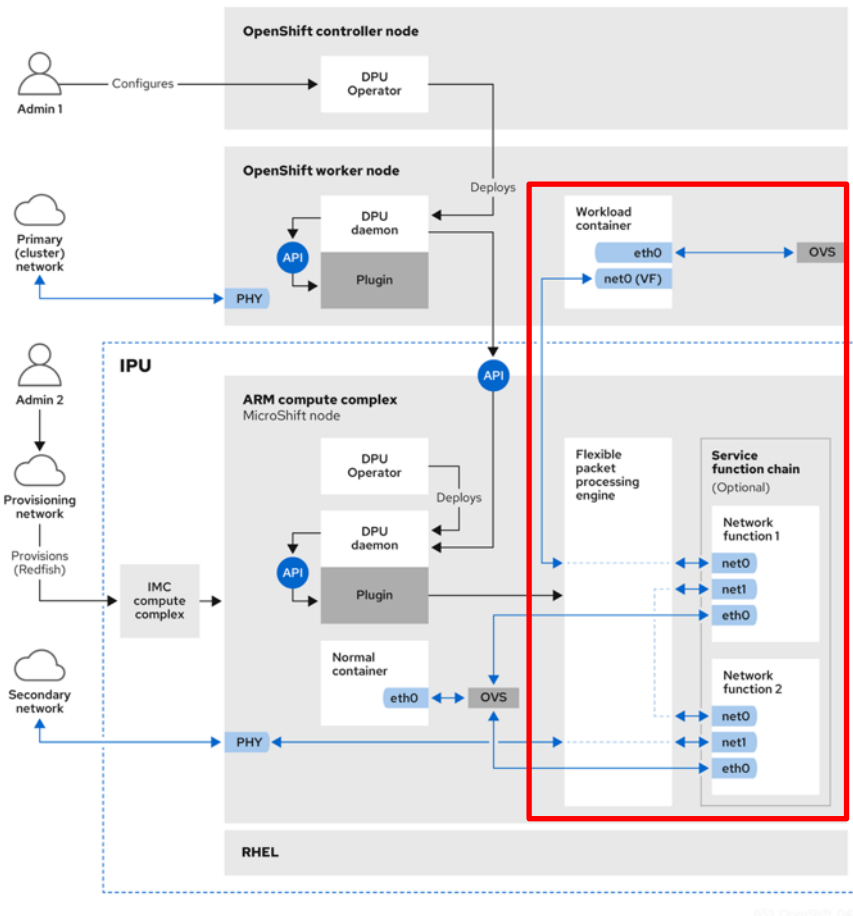
- キャリアグレードのPFCPトランザクション性能(例えば商用マス向け大容量UPFだと20,000-30,000 TPS)に対応するには、DPUのHWにフロールールを投入する、より高速なAPIが必要
 - 実際に大規模な性能試験を実施しても確認できた課題
 - 端末の移動管理+有限の無線リソースの効率的利用の側面から頻繁なセッション制御が伴う、モバイルならではの要件？

(その他)

- DPI、FW、CG-NAT、TCP-OPT等のキャリアNW特有の機能との連携

(参考) DPU/IPU上でのService Function Chain

■ Redhat/Intelの取り組み例



- Intel IPUをMicroshift nodeとし、Host側の通常のOpenshiftクラスタ(x86)上で管理
- X86 Openshift worker上のアプリケーション(Workload container)に対し、CR (カスタムリソース)により、IPU上にHWオフロードされたFW等に連鎖させた、Service Function Chaining (SFC)を形成

```
[root@ipu-acc-215 ~]# cat /root/prometheus-demo/service-function-chain-firewall.yaml
apiVersion: config.openshift.io/v1
kind: ServiceFunctionChain
metadata:
  name: sfc
  namespace: dpu-operator-system
spec:
  networkFunctions:
  - name: firewall
    image: wsfd-advnetlab218.anl.eng.bos2.dc.redhat.com:5000/firewall:v4
[root@ipu-acc-215 ~]# oc create -f /root/prometheus-demo/service-function-chain-firewall.yaml
servicefunctionchain.config.openshift.io/sfc created
[root@ipu-acc-215 ~]#
```

<https://access.redhat.com/articles/7065141>

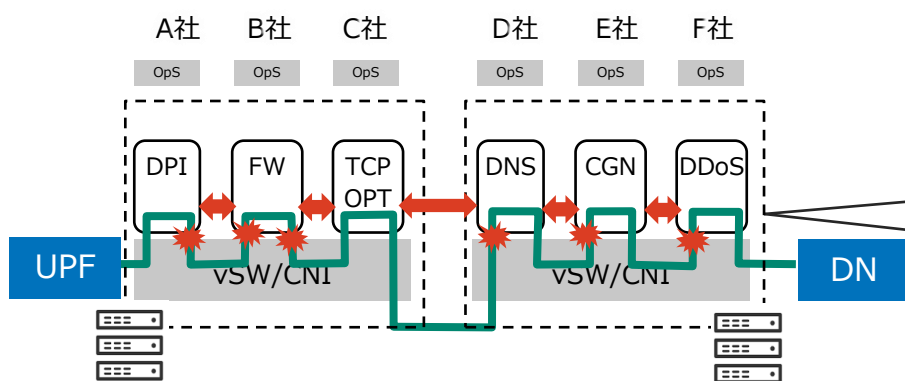
<https://www.redhat.com/ja/blog/unleashing-potential-intelr-ipu-red-hat-openshift>

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=znWbFZ0ax3U>

(参考) Memory-centric Architecture

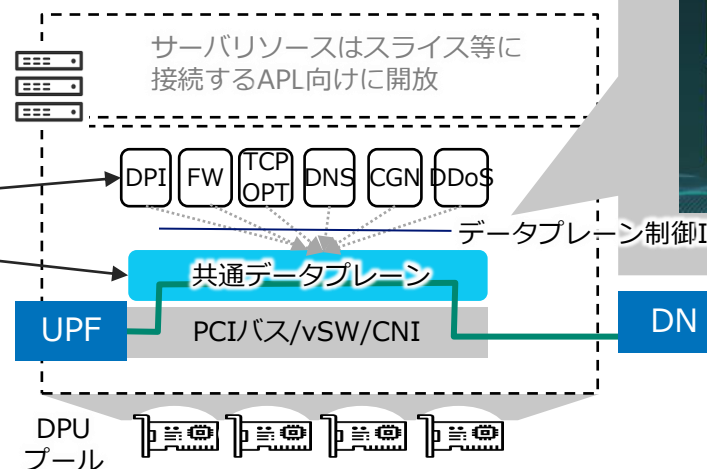
<従来アーキテクチャ(CPU-centric)>

- ・ VAS装置/機能の増加によるホップ数が増加し、メモリコピーの増加・遅延増
- ・ VASベンダ毎OpSによる検証・設計・運用稼働/コストが必要

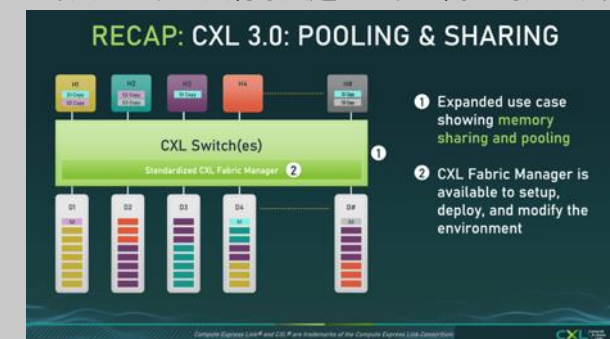


<検討中のアーキテクチャ(Memory-centric)>

- ・ データプレーンで複数VAS機能に必要なパケット処理を**1回に抑え転送・メモリコピーの遅延を削減**
- ・ 付加価値機能の組合せや追加は制御プレーンの追加のためのため**検証・設計効率化と機能柔軟性を向上**



(参考) CXLのようなデバイス間のインターコネクト技術
(デバイスメモリを共有し共通メモリ空間上でデータ処理)



https://computeexpresslink.org/wp-content/uploads/2024/03/CXL_3.1-Webinar-Presentation_Feb_2024.pdf

そもそもDPUとは？

B5G/6Gの要件・アーキテクチャ
を見据えての必要性・適用先は？

DPU等の汎用HWアクセラレーション技術を使って
内製でキャリアグレードなNW機能を作りたい(作りつつある)

DPUでUPF作ってみた

キャリアグレードに
足りてない要素は？

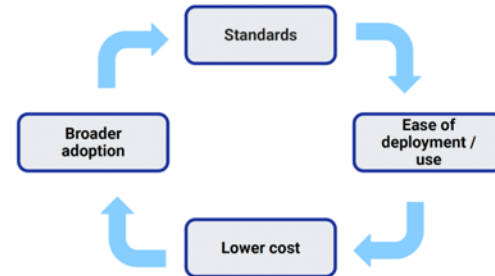
DPUのマルチベンダ
構成どうする？

LF OPIプロジェクト



Problem Statement and why you should care about OPI

- Hyperscalers deployed DPUs, but with their own non-standard frameworks > Standard APIs
- Need to abstract hardware, so solution providers can focus on deploying services > Ease of development & deployment
- Need to drive efficiency in large computing environments > TCO savings
- Need to drive broader adoption of DPU > Flywheel effect

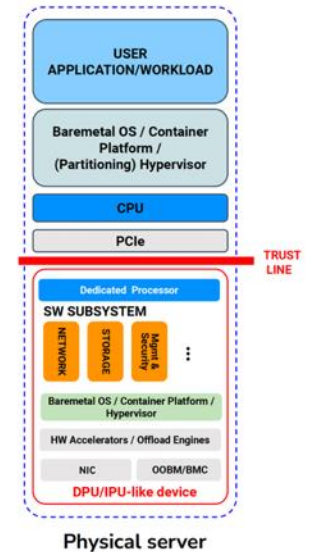


6

Linux Foundation Networking Open Programmable Infrastructure (OPI) Project

Project Goals

- Create community-driven standards-based open ecosystem for DPU/IPU-like technologies
- Create vendor agnostic framework and architecture for DPU/IPU-based software stacks
- Reuse existing or define a set of new common APIs for DPU/IPU-like technologies when required
- Provide implementation examples to validate the architectures/APIs



8



https://static.sched.com/hosted_files/onesummit2024/6b/Open%20Programmable%20Infrastructure%20%28OPI%29%20project%20One%20Summit.pdf

Current Activities

Provisioning & Lifecycle

- OTEL
- sZTP
- IPU/DPU Boot Sequencing
- Redfish investigations
- Ansible Playbooks

Developer Platform/ PoC

- Integration Platform Definition
- Software Networking PoC via p4-eBPF
- SPDK based storage device PoC
- Security PoC
- Lab definition

API & Behavioral Model

- API structure
- Networking via Open Config, Storage, Security
- NVMe-oF APIs
- OPI IPU/DPU Aware CSIs
- goopicsi – CSI library, client, utilities in Golang

Use Case

- IPSEC
- NGINX
- Basic Firewall with rule-based filtering
- **UPF**

Telcoユースケースに採用いただいた

- Telcoに必要なAPI要件等をInput・議論
- UPFソース開示(予定)



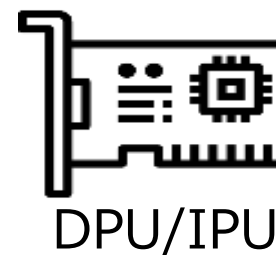
15

https://static.sched.com/hosted_files/onesummit2024/6b/Open%20Programmable%20Infrastructure%20%28OPI%29%20project%20One%20Summit.pdf

DPU等の汎用HWアクセラレーション技術を使って
内製でキャリアグレードなNW機能を作りたい(作りつつある)

NTT-Grだけでどうこう
できる話でもないので

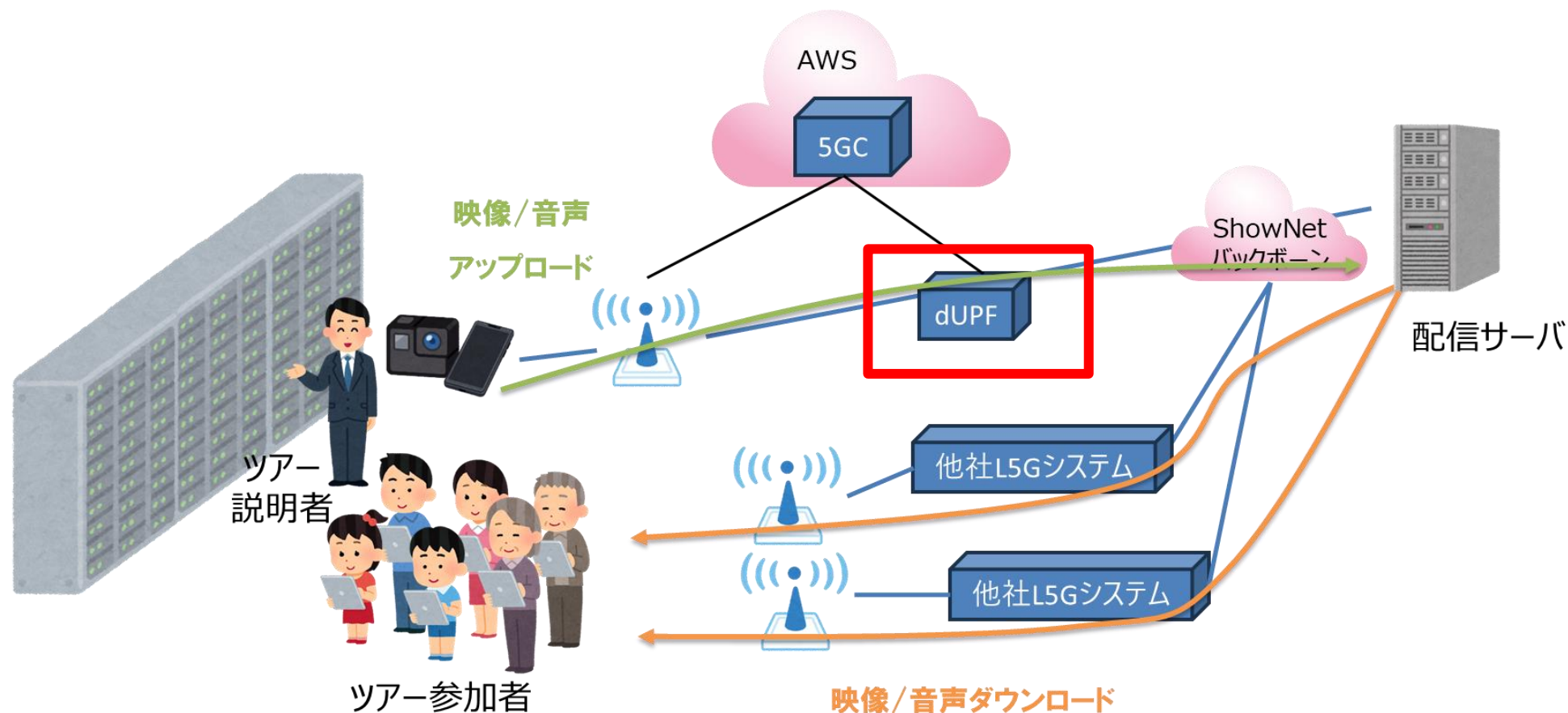
ぜひ一緒にコラボ・議論させていただきたいです！



実際にやってみた

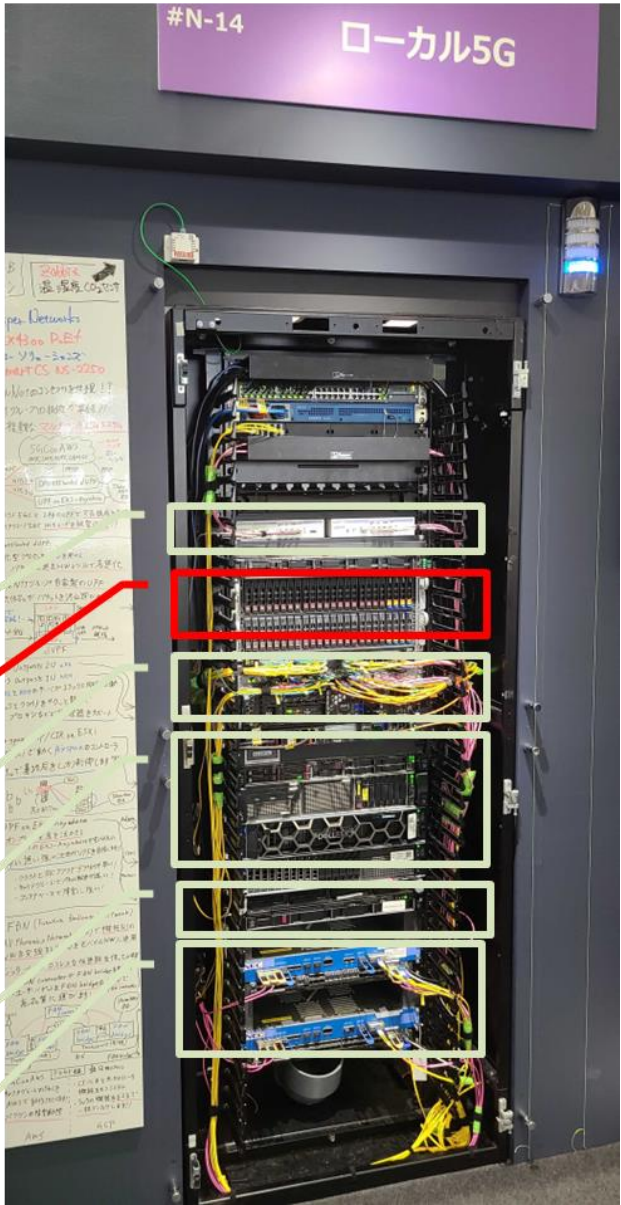
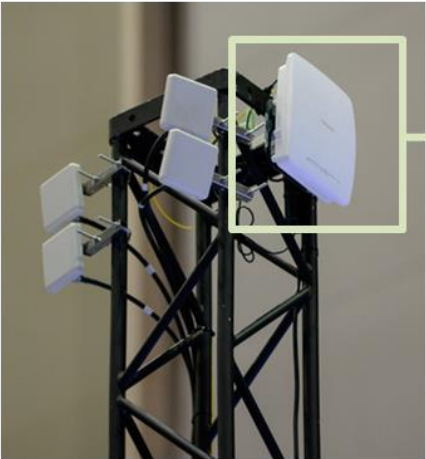
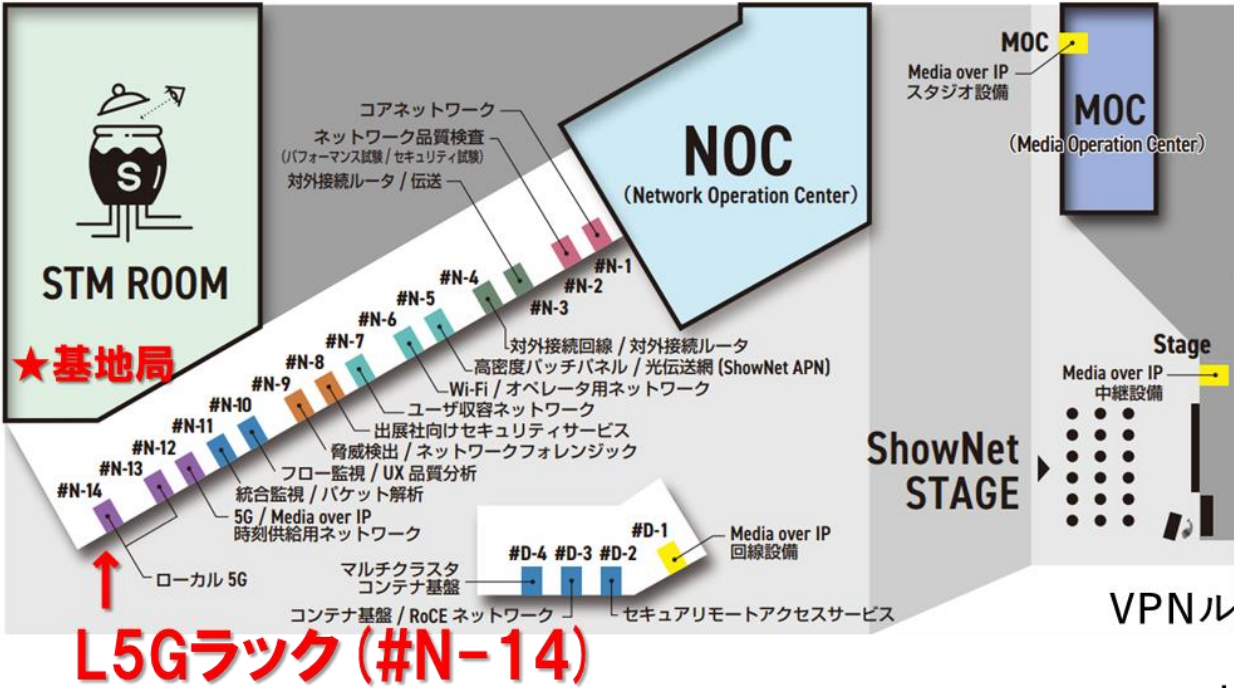
ShowNet2024にdUPFを持っていった

- 幕張メッセで開催されているShowNetに各機材をコントリビューション
- ShowNetツアーにて**高速大容量・超低遅延・多数同時接続**を活かした高精細な配信を実現



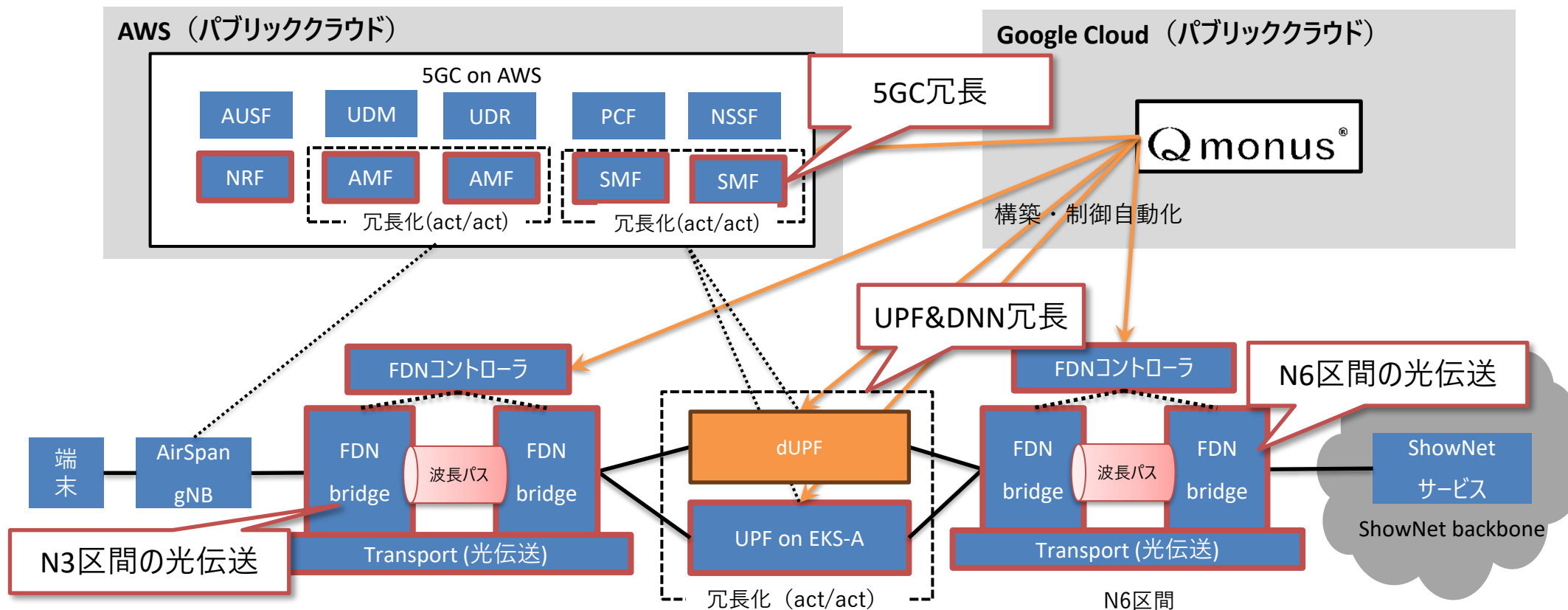
dUPFが映像&音声のUplinkを担いました！！

現地の情報



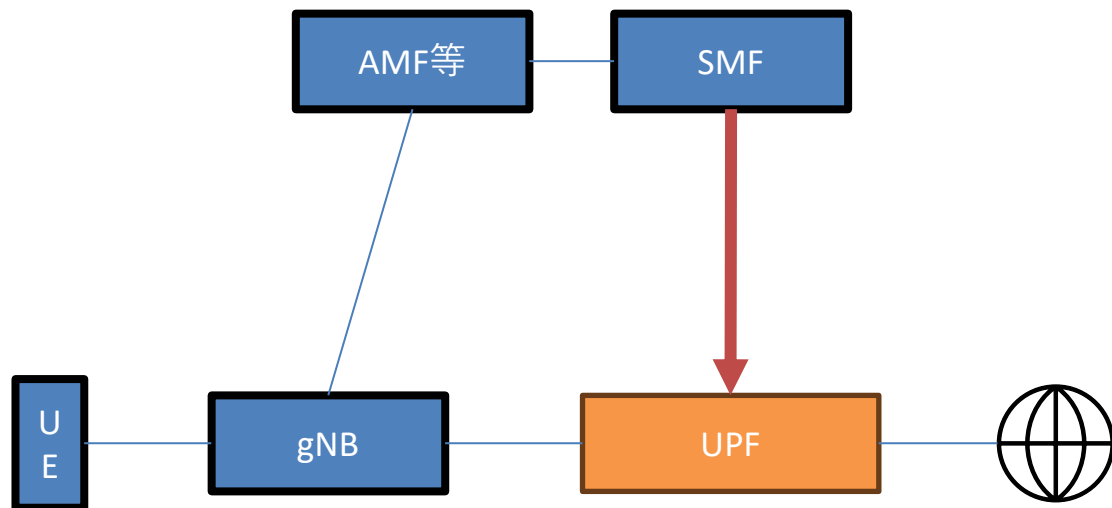
dUPFを用いたローカル5Gの全体構成

- AWS上にAMFとSMFを2台ずつ構築し、NRFを用いてAct/Act冗長
- オンプレ上のDPUを用いたNTT内製UPFとEKS Anywhere上に構築したUPFでAct/Act冗長
- N3及びN6区間にロスレス・ジッターレスな光伝送が可能なFDN Bridgeを導入

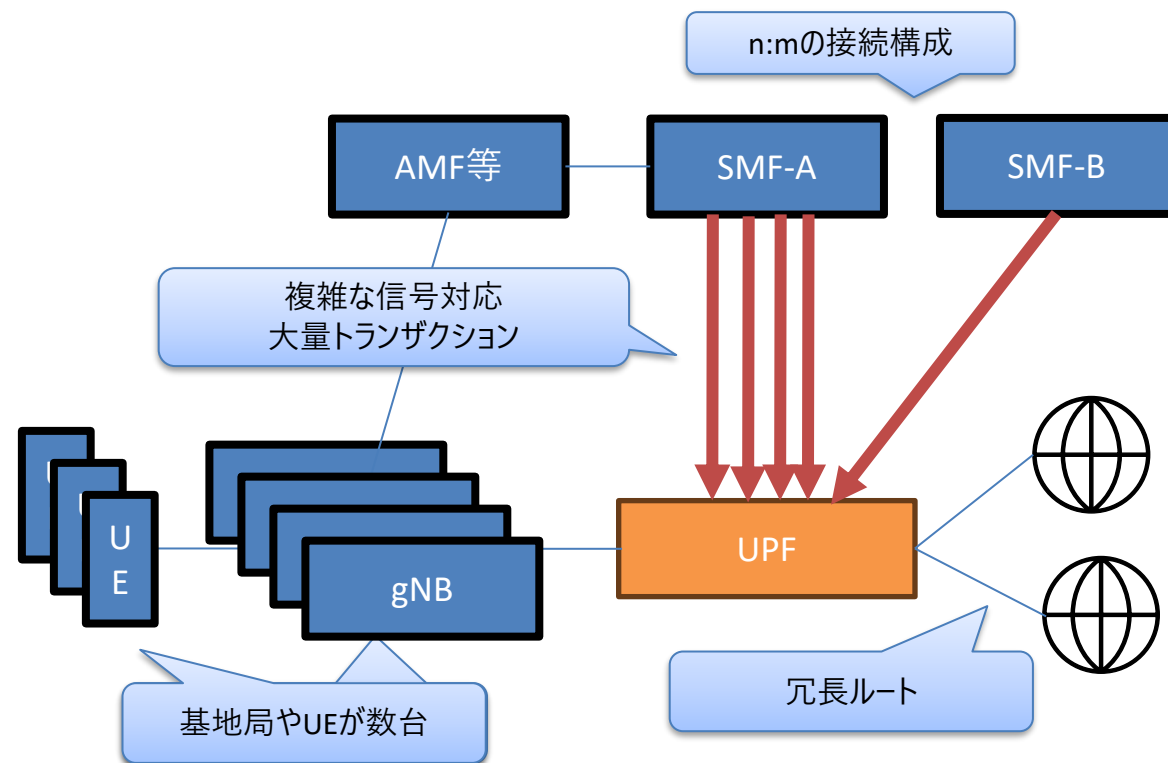


構築時の狙い

- 複雑なキャリアグレードの要件を満たせるのかを模索していく必要があり、あえて様々なチャレンジを実施。
- 開発したdUPFを商用利用するためには、まずキャリアグレード5GCとの接続実績があると望ましい。
- 第一弾として、現在ドコモで運用している5GCと同一アプリケーションの5GConAWSとの接続試験に挑戦。



シンプルな5Gイメージ



キャリアグレードな5Gのイメージ

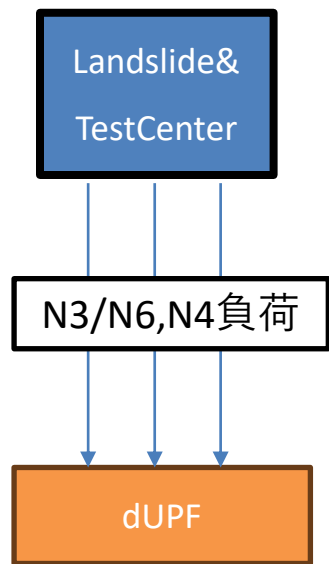
(寄り道)キャリアグレードのUPFに求められる条件

- 市場に存在するUPFは大きく2種類に大別可能
 - － テレコムキャリア向けのUPF
 - － FWAやL5Gなど特定用途向けのUPF
- 求められる要求条件が異なることから、UPFで具備している機能にも差分が生まれている傾向が見られる。

観点	特定用途(FWA/L5G等)	テレコムキャリア	テレコムに必要な要素
収容ユーザ数	小～中 (UPFあたり数万程度)	特大 (UPFあたり数10万～数100万規模)	キャリアでは1000万ユーザを軽く超えるユーザを収容する必要がある。
スループット	小 (UPFあたり1Gbps～10Gbps)	特大 (UPFあたり100Gbps以上)	同上
プロシージャ	限定的 (H.O.やInterRAT不要)	複雑 (H.O./InterRAT等が必須)	世代間の移動やカバレッジ
網構成	対向装置数:少量 構成:ほぼ同一ベンダ	対向装置数:大量 構成:マルチベンダの可能性大	数千台を超える基地局との接続や、LTEシステム/N3/N9等々との接続が必要である。
QoS制御	不要	必要	音声サービス、NetworkSlicing、等々サービスに応じた細かい制御が必要。
課金	不要	必要	明細生成に必要なU-Plane使用量の集計、特定通信における非課金処理の実現等

キャリアを想定した性能測定結果

- ShowNet期間においてSpirent様のTestCenter/Landslideを用いて各種性能評価を実施
- キャリアグレード性能検証の前段として、十分な性能を確認することが出来た。



項目		結果
最大セッション数		54,000セッション
PFCPトランザクション数		640TPS
4000基地局収容 (GTP-Path 4000)	双方向(パケット長650byte)	UL 56Gbps DL 96Gbps
	Uplink(パケット長120byte)	66Gbps
	Downlink(パケット長1200byte)	96Gbps
1ユーザ収容	Uplink(パケット長120byte)	94Gbps
	Downlink(パケット長1200byte)	100Gbps

※dUPF1カードあたりの性能

DISCUSSION

dUPFの導入に向けた想定課題

観点	説明
コスト観点	市場製品(特にグローバル製品)は、実質世界中のキャリアで割り勘となる。 内製は市場製品よりも安く導入/運用可能なのか？
保守機能	どの程度の保守機能を具備するのか？
テレコム特殊要件	- 重要な機能毎のフェイルセーフレベルは？ - あらゆる要件やアップデートがシステム無中断で提供可能なのか？
HWサポート	- 専用ハードウェアだが、安定してハードを供給可能なのか？ - ハード自体の保守やサポート期間は十分なのか？ - 後継ハードウェアが出てきた場合のマイグレーションシナリオは？

Discussionポイント

トピック	説明
内製装置を自社に導入するハードル	外注や調達によりシステムを構成している風土においては、内製装置に関する信頼の確立が課題となる。 内製装置を社内で受け入れてもらうには？
高性能装置の活用/展開方法	高性能装置を入れようとしても、単純に運用するのは難しい。 フルフルで性能を活用するためには実はハードルがある。 ✓ 重大事故基準の回避を目的とした収容数限定 ✓ 関連設備に対する同等性能の要求(C/U両方) ✓ 障害発生時の跳ね返りに対する一斉網負荷リスク 高性能化に伴うこれらのハードルをどう解消していくか？
OPIでの活動	OPIやチップベンダはクラウドのユースケースやHyperScalerを優先 テレコムオペレータの要件をいかに反映していくか
内製開発の回し方	できればアジャイルで開発を回していきたいが、キャリアのコア機能をDevOpsするのはどれだけ大変か？ 継続してノウハウを残していくには？