AKRAINO

ホワイトペーパー：

2030 年代に向けたコンピューティングインフラストラクチャー

LF Edge と IOWN GF DCI プラットフォームの融合

1st edition - April 2024
www.akraino.org

LF EDGE

目次

図

本訳文について

この日本語文書は、**Computing Infrastructure into the 2030s** の参考訳として、The Linux Foundation Japan が便宜上提供するものです。英語版と翻訳版の間で齟齬または矛盾がある場合（翻訳版の提供の遅滞による場合を含むがこれに限らない）、英語版が優先されます。

この日本語文書を引用する際には、下記の一文を記載してください。
引用：Computing Infrastructure into the 2030s 参考訳（The Linux Foundation Japan 提供）

翻訳協力：天満尚二

1 概要

エッジ コンピューティングは、データからリアルタイムに意思決定を行うデータ駆動型社会にとって重要な技術です。なぜならば、エッジ コンピューティングは、データの発生元に近いエッジが処理することによりレイテンシを削減できるからです。Linux Foundation のプロジェクトである LF Edge は、エッジ コンピューティングの実用化に向けた課題となっているハードウェア、プロセッサ、クラウド、オペレーティング システムに依存しないオープンで相互運用可能なエッジ コンピューティング フレームワークの確立に取り組んでいます。また、LF Edge は、ファクトリー オートメーションや自動運転など、膨大な量のデータをリアルタイムに AI 処理するニーズの高まりを受け、エッジ AI の実現にも注力しています。しかしながら、データ量の増加、AI モデルの計算複雑さの増大、レイテンシやメモリ容量などのアプリケーション固有の要件への対応、エネルギー効率と柔軟性を兼ね備えたインフラストラクチャーの実現には課題があります。だからこそ、インフラストラクチャー技術のイノベーションが必要なのです。そこで、The Linux Foundation と IOWN GF（Innovative Optical and Wireless Network Global Forum）は、IOWN GF が提案するインフラストラクチャー上に Linux Foundation のソフトウェアを統合し、性能向上、レイテンシ低減、エネルギー効率向上を実現する共通のインフラストラクチャーを開発する基本合意書を 2023 年 6 月に締結しました。この合意に基づき、両技術の融合と性能向上を実証する IOWN GF/LF Edge 共同 PoC（Proof of Concept）を計画しました。本 PoC では、IOWN GF のインフラストラクチャーと LF Edge のプラットフォームおよびソフトウェアを用いて、エッジからクラウドまでのエンドツーエンドの環境を構築し、デモ用の環境で実際のアプリケーションを動作させます。本稿では、IOWN GF/LF Edge のジョイント PoC の内容について述べます。

2 背景

LF Edge は、オープンで相互運用可能なエッジ コンピューティング フレームワークを確立することに加えて、ファクトリー オートメーションや自動運転など、大量のデータのリアルタイム AI 処理のニーズの高まりに対して、エッジで AI を実現することにも重点を置いています。

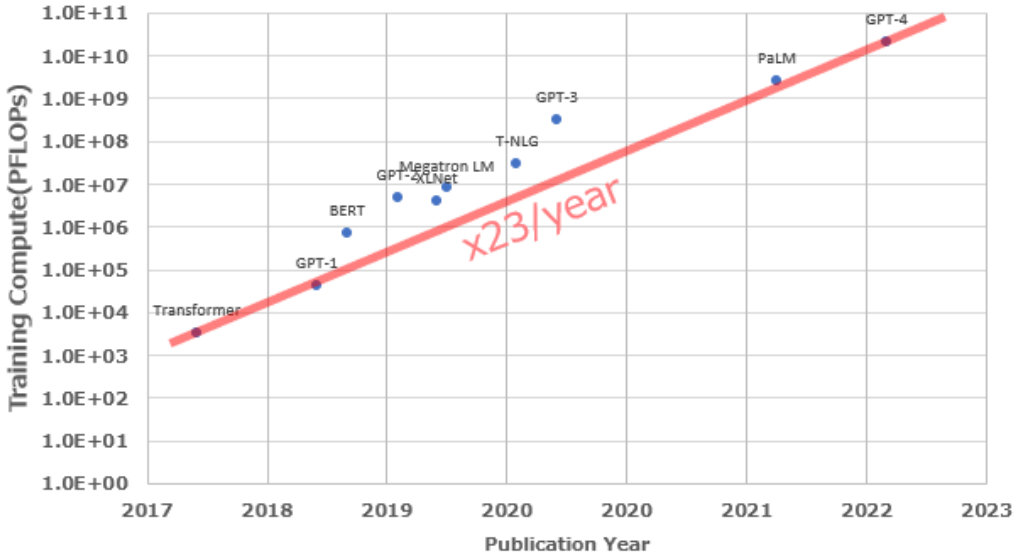

図 1: AI モデルに必要な計算性能

AI 分野では、**図 1** に示すように、学習データ量の増加や生成 AI モデルの規模拡大により、コンピューティング インフラストラクチャーに求められる計算性能が急速に増加しています [1] [2]。これは、AI の計算処理を担う CPU や GPU の性能進化である「ムーアの法則」を超えています。コンピューティング インフラストラクチャーは、CPU と GPU を備えたサーバーを並列に増やすことにより、この速度を追随しています。しかし、データセンターの電力消費量は 2030 年には現在の約 15 倍となり、電力不足につながります [3] [4] [5]。

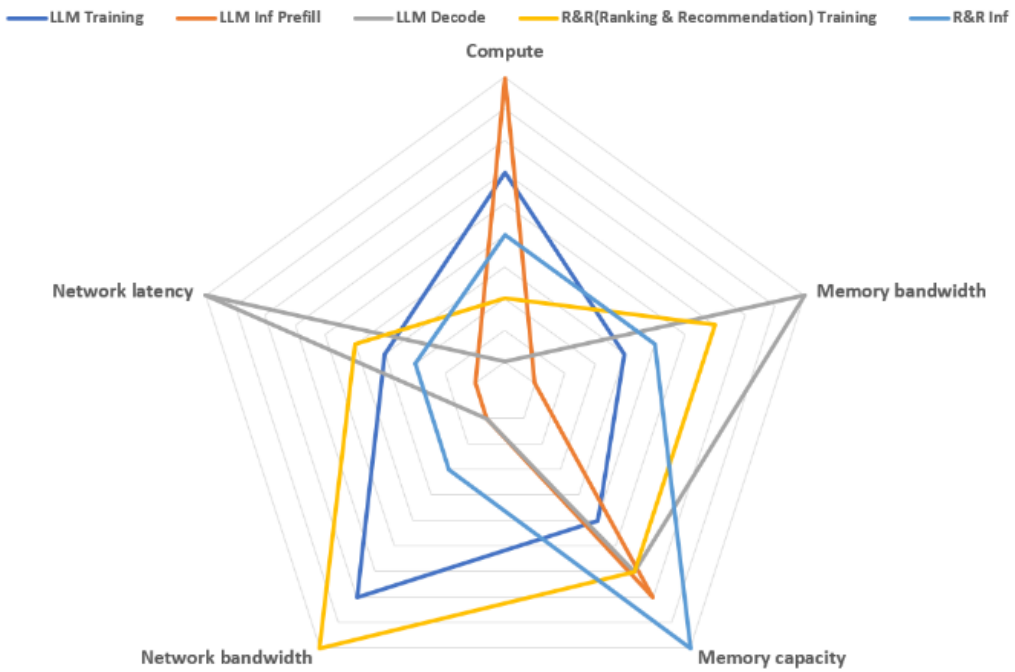

図 2: AI アプリケーションのパフォーマンス要件

また、**図 2** に示すように、AI のアプリケーションごとに求められる性能は多様化しています [6]。たとえば、大規模言語モデル推論のプレフィル（LLM Inf prefill）は、メモリ帯域幅よりも計算パフォーマンスを重視しますが、大規模言語モデル推論のデコード（LLM Decode）はその逆です。現在、インフラストラクチャーは、コンピューティング、メモリ、およびネットワーク リソースの中でアプリケーションが最も重視するパフォーマンスに基づいて、サーバーごとに構築されています。そのため、一部のリソースが十分に活用されず、インフラストラクチャーが拡張されています。

したがって、AI アプリケーションの規模と多様性の拡大を持続的に実現するためには、より電力効率が高く、よりリソースの割り当てが柔軟なコンピューティング インフラストラクチャーが必要です。この課題は、エッジのようなコンピューティング インフラストラクチャーに電力やスペースなどの制限がある環境では、より重要になるはずです。私たちは、コンピューティング インフラストラクチャーのアーキテクチャの変更が有効な解決策の一つと考え、試みました。

3 課題解決への取組

IOWN GF（Innovative Optical and Wireless Network Global Forum）では、光技術などの革新的技術を活用して、既存のインフラの限界を超える高速・大容量の通信と膨大な計算リソースを提供できるネットワークと情報処理インフラストラクチャー DCI（Data Centric Infrastructure）を提案しています [7]。Linux Foundation と IOWN GF（Innovative Optical and Wireless Network Global Forum）は、2023 年 6 月に IOWN GF が提案するインフラストラクチャーに Linux Foundation のソフトウェアを統合し、性能、レイテンシ、エネルギー効率を向上させる共通のインフラストラクチャーを開発するための基本合意書に署名しました [8]。LF Edge は、DCI をエッジ コンピューティングにおけるこれらの課題に対する可能性の高い解決策の 1 つと見なしています。そこで、DCI による両技術の融合と性能向上を実証する IOWN GF/LF Edge ジョイント PoC（Proof of Concept）を企画しました。本 PoC では、IOWN GF のインフラストラクチャーと、LF Edge のプラットフォーム、ソフトウェアを用いて、エッジからクラウドまでのエンドツーエンドの環境を構築し、デモ用環境において実際のアプリケーションを実行します。下図は、ジョイント PoC の概要を示しています。

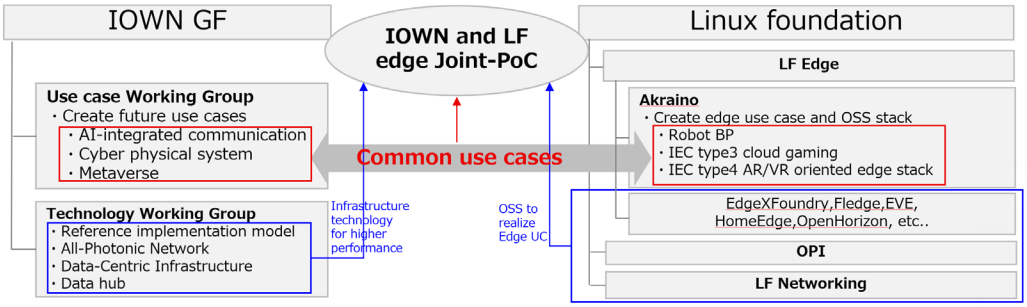

図 3: IOWN GF/LF EDGE ジョイント POC コンセプト

4 IOWN GF が提案するインフラストラクチャー

IOWN GF は、新たな効率的で柔軟なコンピューティング インフラストラクチャーとして、Data Centric Infrastructure（DCI）を提唱しています。現在のコンピューティング インフラストラクチャーと比較して、2 つの主要な機能があります。

1つ目は、ディスアグリゲーションです。これにより、デバイスの柔軟な再配置が可能になります。たとえば、次の図に示すように、各アプリケーションが異なるリソースを必要とする場合、現在のコンピューティング アーキテクチャである“Server-oriented”では、サーバー毎に各アプリケーションにリソースを割り当てます。そのため、一部のデバイスが未使用のままになり、利用効率が低下することがあります。一方、ディスアグリゲーションは、アプリケーションに応じてリソース プールから必要なデバイスを選択し、PCIe スイッチを介して論理ノードを構成することで、さまざまなアプリケーションの要件を効率的に満たすことができます。

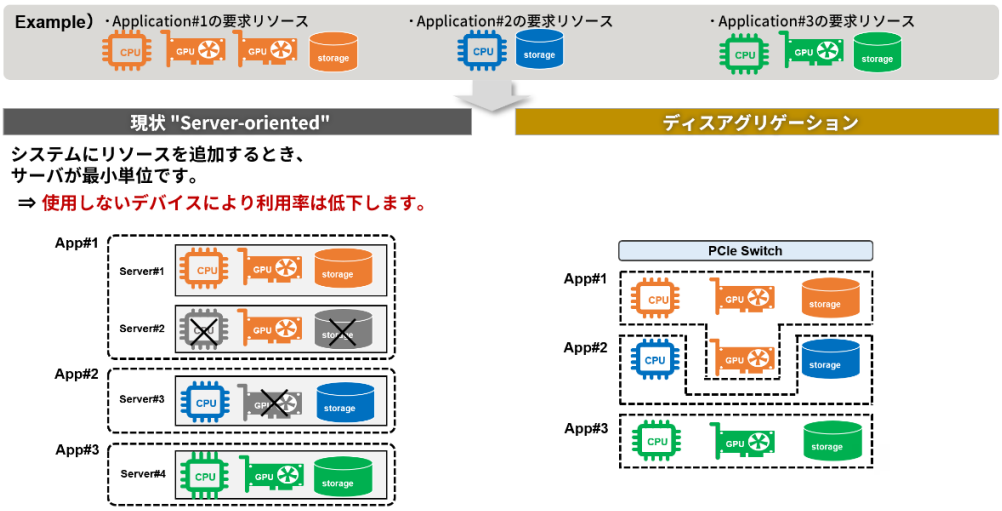

図 4: ディスアグリゲーション

2 つ目は、光接続または共有メモリを介したアクセラレータ デバイス間の直接接続です。現在のコンピューティング アーキテクチャは CPU 中心で、データは CPU メモリを介して CPU によってアクセラレータ デバイス間を転送されます。一方、直接接続の場合は、共有メモリや光スイッチを介してアクセラレータ デバイス間で直接データが転送されます。これにより、データ転送に使用される CPU コアの使用率が削減され、コストと消費電力が削減されます。処理遅延も低減できます。

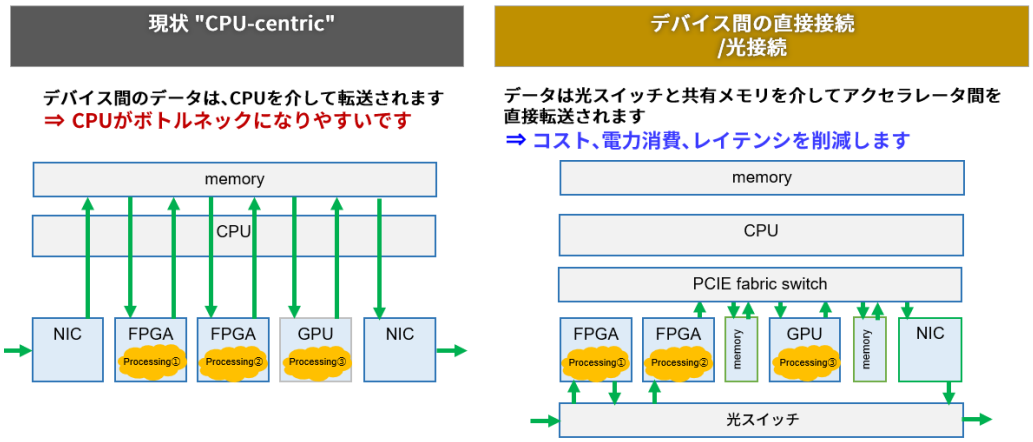

図 5: アクセラレータ デバイス間の直接転送

DCI の概要と仕組みを以下の図に示します。まず、ユーザーがアプリケーションの実行に必要なリソースを DCI に要求し（1.Request）、DCI のコントローラーは、リソース プールと論理ノードを管理する Composable Disaggregated Infrastructure（CDI）管理ソフトウェアに論理ノードの構成を指示することによって応答します（2.Allocate）。また、コントローラーは、アクセラレータ デバイス間の直接接続を担当する光スイッチの構成も行います。

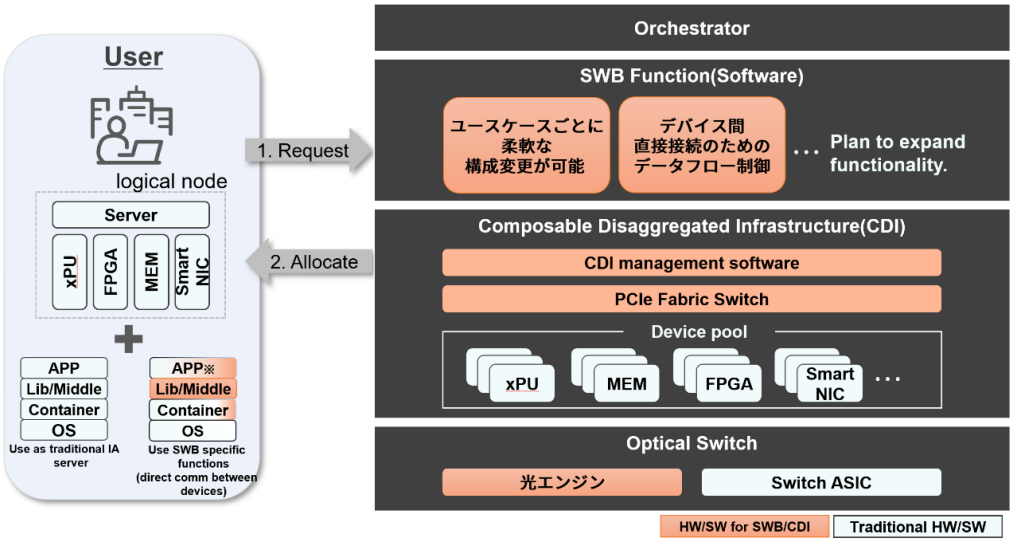

図 6: データ セントリック インフラストラクチャー（DCI）

5 IOWN GF/LF Edge ジョイント PoC について

この章では、IOWN GF/LF Edge ジョイント PoC の詳細について説明します。PoC では、以下の 2 点を実証します。1 点目は、IOWN GF と LF Edge の融合です。LF Edge のプラットフォームとソフトウェアが DCI 上に統合できることを確認し、実際の環境構築を通じて現在のサーバーアーキテクチャから DCI に変更することにより、DCI をリソースとして管理・制御するために必要なメカニズムを抽出します。2 点目は、DCI を適用することで処理性能が向上し、消費電力が削減されることを実証します。このデモでは、下図のように、エッジ、クラウドにエンドツーエンドにアクセスするアプリケーションとして、エッジ AI の代表的な処理である AI による動画推論を実装します。アクセス エリアから映像が入力され、5GRAN やコアネットワークを介してエッジ クラウドに送信され、AI による推論処理が行われます。処理されたビデオはクラウドに送信されます。ここでは、エッジ クラウドのコンピューティング リソースに、市販のコンポーザブル ディスアグリゲーション製品を使用して DCI をエミュレートして使用します。AI の推論処理は、デコード、フィルタリング / リサイジング、推論の 3 つのフェーズに分かれており、FPGA や GPU などのアクセラレータ デバイスに実装され、DCI の特徴の一つであるアクセラレータ デバイス間の直接接続によりデータの送受信が行われます。この実証においては、現在のサーバー アーキテクチャをコンピューティング リソースとして使用する場合と比較して、DCI を適用することによる処理性能の向上と消費電力の削減を測定します。加えて、エッジ クラウド環境を構築するためのミドルウェアとして、LF Edge Akraino IEC（Integrated Edge Cloud）type2 Blueprint を DCI 上に実装し、DCI と LF Edge エッジ コンピューティング プラットフォームが統合可能であることを検証します。

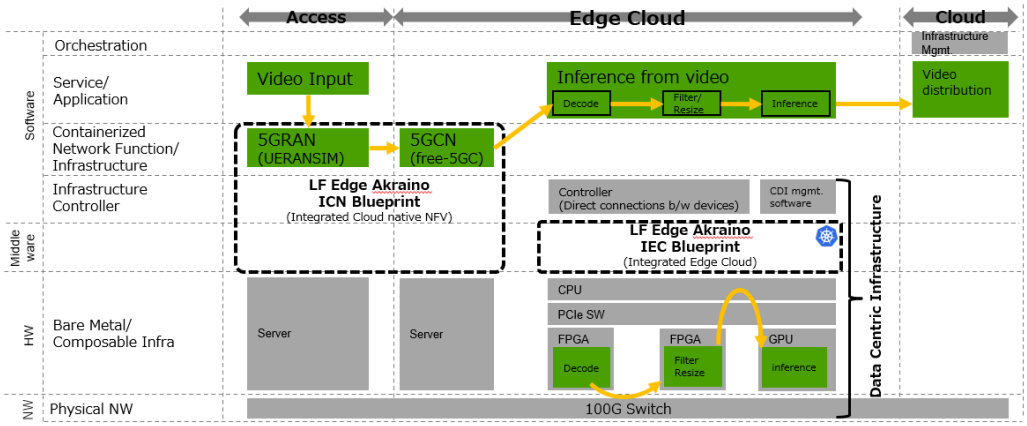

図 7: IOWN GF/LF EDGE ジョイント POC の詳細

6 まとめ

上記エンドツーエンド環境を今後の実証のベースとして構築し、2024 年 4 月に本稿の第 2 弾としてご報告します。第 2 弾では、PoC の最初の実証ポイントである IOWN GF が提案する DCI と LF Edge のプラットフォーム、ソフトウェアの統合結果をレポートします。そして、引き続き、もう一つの実証ポイントである DCI 適用による処理性能の向上と消費電力の削減を、DCI 適用前と適用後の比較で実証していきます。さらに、冒頭で述べたコンピューティングの課題のうち柔軟性についても、今後、実証実験の内容について検討していく予定です。例えば、IOWN が提案する光とディスアグリゲーションによってエッジサイトを直接つなぐ All-Photonic Network（APN）は、離れたエッジサイトのリソースを組み合わせて、より柔軟に論理ノードを構築することができます。このような例により、LF Edge のプラットフォームとソフトウェアをどのように使用できるかを引き続き実証していきます。また、この活動を IOWN GF PoC レポートとして公開することも検討したいと考えています。これらの活動により、IOWN GF と LF Edge の協業による技術の進化とシナジーの実現を加速し、産業の発展に貢献してまいります。

7 略語

用語	説明
IOWN GF	Innovative Optical and Wireless Network Global Forum
CPU	Central Processing Unit
GPU	Graphics Processing Unit
DCI	Data-Centric Infrastructure
PCIe	Peripheral Component Interconnect-Express
FPGA	Field Programmable Gate Array

AKRAINO

参考文献

[1] A. Gholami, “AI and Memory Wall,” 30 3 2021. [Online]. Available: https://medium.com/riselab/ai-and-memory-wall-2cb4265cb0b8.

[2] S. McAleese, “Retrospective on ‘GPT-4 Predictions’ After the Release of GPT-4,” 18 3 2023. [Online]. Available: https://www.lesswrong.com/posts/iQx2eeHKLwgBYdWPZ/retrospective-on-gpt-4-predictions-after-the-release-of-gpt.

[3] S. R. a. F. Boshell, “The nexus between data centres, efficiency and renewables: a role model for the energy transition,” 26 6 2020. [Online]. Available: https://energypost.eu/the-nexus-between-data-centres-efficiency-and-renewables-a-role-model-for-the-energy-transition/.

[4] Japan Science and Technology Agency, “Impact of Progress of Information Society on Energy Consumption,” 2 2020. [Online]. Available: https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2020-pp-03.pdf.

[5] N. Willing, “New Technologies Are Needed to Curb Data Center Energy Use, Says the IEA,” 3 8 2023. [Online]. Available: https://www.techopedia.com/new-technologies-are-needed-to-curb-data-center-energy-use-says-the-iea.

[6] M. Omar Baldonado, “Meta’ s evolution of network for AI,” 17 10 2023. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=5gOOtFySrqA.

[7] IOWN GLOBAL FORUM, “DCI Product Concept Paper,” 19 10 2023. [Online]. Available: https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-DCI_PCP-1.1.pdf. [Accessed 9 2 2024].

[8] IOWN GLOBAL FORUM, “Linux Foundation and IOWN Global Forum to Collaborate for Future Smart Connected World,” IOWN GLOBAL FORUM, 14 6 2023. [Online]. Available: https://iowngf.org/press-releases/linux-foundation-and-iown-global-forum-to-collaborate-for-future-smart-connected-world/. [Accessed 9 2 2024].

著者

Haruhisa Fukano (Fujitsu)
Toshimichi Fukuda (Fujitsu)
Reo Inoue (Fujitsu)


AKRAINO
LF EDGE