



# Akraino ホワイト ペーパー

Arm アーキテクチャの高性能 CPU を  
ベースにした エッジ クラウド ゲーム

<第 1 版 — 2022 年 11 月>



Tencent

ARM



Genymotion





## 対象ユーザー

このホワイト ペーパーは、以下の読者を対象としています

- ◆ Akraino blueprint の所有者と開発者
- ◆ Akraino blueprint インテグレーター
- ◆ Akraino プラットフォームの所有者
- ◆ クラウド実行環境のプロバイダー

## 略語

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| FPS    | frame per second         |
| GPU    | graphics processing unit |
| ゲスト OS | ゲスト オペレーティング システム        |
| ホスト OS | ホスト オペレーティング システム        |

# 目次

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 対象ユーザー .....                                                   | 2  |
| LF Edge Akraino クラウド ゲームとは .....                               | 4  |
| Akraino クラウド ゲームの概要と構成 .....                                   | 4  |
| LF Edge Akraino クラウド ゲーム ビジネスの実現可能性とビジネス モデル分析 .....           | 6  |
| LF Edge Akraino クラウド ゲームの全体的な アーキテクチャ .....                    | 7  |
| ユースケース .....                                                   | 9  |
| ビジネスの推進要因 .....                                                | 9  |
| プラットフォーム アーキテクチャ .....                                         | 10 |
| Anbox クラウド ゲーム フレームワーク .....                                   | 10 |
| LF Edge Akraino クラウド ゲーム ユーザー体験 評価システム .....                   | 11 |
| 次世代のクラウド ネイティブ ARM サーバー チップが LF Edge Akraino クラウド ゲームを支援 ..... | 12 |
| エッジ コンピューティング クラウド ゲームのプラットフォーム .....                          | 12 |
| エッジ コンピューティング クラウド ゲームのパフォーマンス .....                           | 13 |
| クラウド ゲーム テスト アーキテクチャ .....                                     | 13 |
| クラウド ゲーム テスト ツール .....                                         | 14 |
| クラウド ゲーム パフォーマンス テスト ケース .....                                 | 14 |
| クラウド ゲーム性能テスト結果 .....                                          | 15 |
| 結論 .....                                                       | 17 |
| 参考 .....                                                       | 18 |
| 著者 .....                                                       | 18 |
| コントリビューター .....                                                | 18 |

# LF Edge Akraino クラウド ゲームとは

## Akraino クラウド ゲームの概要と構成

従来の意味でのクラウド コンピューティング（中央クラウド モデル）は、帯域幅、遅延、接続品質、リソース割り当て、セキュリティなど多くの課題に直面しています。従来のクラウド インフラストラクチャでは対応できないようなアプリケーションやシナリオがもたらすジレンマに対処するため、デバイス側でより効率的かつ絞った方法でデータを収集、伝送、処理できるエッジ コンピューティングの概念が生まれました。クラウド コンピューティングの機能は、“中央集中型”のコンピューター ルームから、ネットワーク アクセス用のエッジ ノードに移行されます。このようにして、高性能、低遅延、高帯域幅のサービス環境が構築され、ネットワーク内のさまざまなコンテンツ、サービス、アプリケーションの応答速度が加速され、消費者は途切れることのない高品質のネットワーク体験を楽しむことができます。

前述したように、クラウド ゲームの最大の課題は、ゲーム体験と密接に関連するリアルタイム性能（レイテンシー）です。クラウド ゲームのリアルタイム性能がプレイヤーに受け入れられるレベル（約 50ms）に達するためには、ハードウェアやネットワーク自体の性能だけでなく、十分な帯域幅が必要です。したがって、エッジ コンピューティングとクラウド ゲームの組み合わせは理にかなっています。

プロセス全体において、エッジ コンピューティングは、コンピューティング リソースを補完するものとして、クラウド ゲームが直面する遅延、帯域幅、コスト、その他の問題を効果的に解決することができます。

まず、クラウド ゲームのレイテンシーを大幅に削減するために、クラウド ゲーム インスタンスをエッジにデプロイします。つまり、全国および世界中に広く分散しているエッジ ノードにクラウド ゲーム インスタンスをデプロイします。インテリジェント スケジューリング技術により、ユーザーの地域、ネットワーク、ゲーム計算能力要件などに応じて、最も近いクラウド ゲーム インスタンスをユーザーに割り当て、最も近いアクセス、最も近いレンダリングを実現し、伝送を削減します。このリンクは、世界中のクラウド ゲーマーの平均レイテンシを大幅に削減します。

次に、コスト効率に優れたエッジ帯域幅は、クラウド ゲームのトラフィック コストを最適化するのに役立ちます。クラウド ゲームの画像品質は、クラウド ゲーム体験のもう 1 つの重要な要素です。画像品質要件が高いほど、解像度、フレームレート、ビットレートなどの要件が高くなり、ネットワーク スループットの要件が高くなります。つまり、ネットワーク帯域幅の要件が高くなります。帯域幅が不十分な場合、パケット損失が発生し、画面がフリーズしたり、裂けたり、画面がぼやけたりします。基本的にクラウド ゲーム体験を保証できるのは、ネットワーク帯域幅  $\geq 1.6 \times$  平均ビットレートのみとなります。PC モニター上で 1080P@144fps で動作する“League of Legends”を例にとると、平均ストリーミング ビットレートが 30Mbps の場合、48Mbps 以上の帯域幅は比較的安定した良好な画像体験を提供できます。

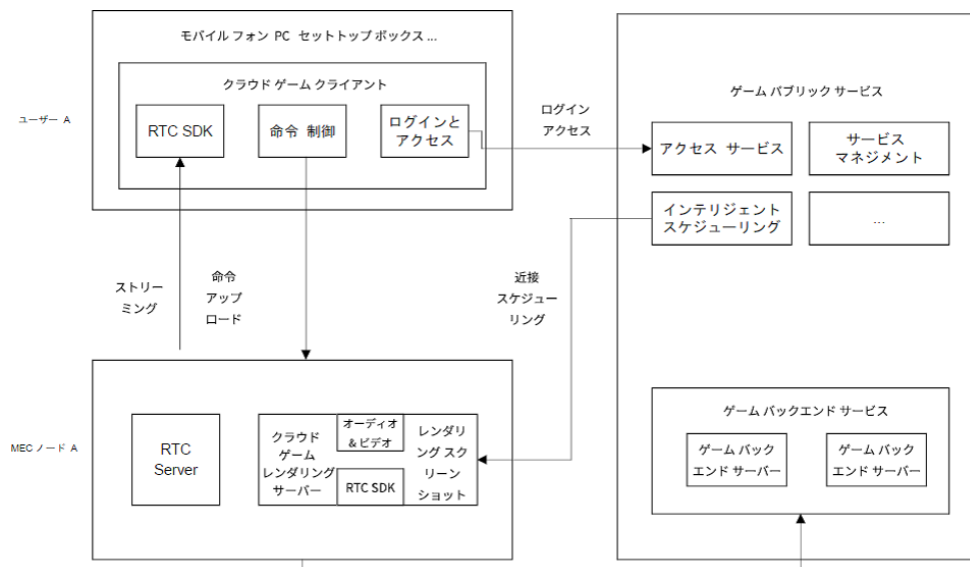
帯域幅コストは、クラウド ゲーム サービス プロバイダーの主な費用の 1 つです。現在の帯域幅市場の観点から見ると、2 番目、3 番目、4 番目の都市に広く分散しているエッジ ノードの帯域幅コストは、中央クラウドの帯域幅コストの 1/6 ~ 1/10 です。したがって、エッジ コンピューティングを通じてクラウド ゲーム インスタンスを展開し、エッジ帯域幅を利用することで、中央クラウド帯域幅の需要が大幅に削減され、それによってクラウド ゲームの帯域幅コストが効果的に削減されます。

第 3 に、全体的な同時実行能力を改善するためのエッジ コンピューティングの分散展開があります。従来のゲームと同様に、クラウド ゲームは、スタートアップ期、成長期、黄金期、不況期を経験します。そのため、さまざまな段階のビジネス ニーズを満たすために、柔軟なオンデマンド リソースも必要とされます。同時に、大規模なプロモーションなどの予期しないシナリオでは、コンピューティングの人的資源と帯域幅資源をオンデマンドで迅速に拡張することができます。現在、さまざまなクラウド サービス プロバイダーのエッジ コンピューティング サービスは、毎日および毎月のリソース課金をサポートするだけでなく、よりきめ細かな課金方法をサポートしており、クラウド ゲーム サービス プロバイダーがリソース レベルでオンデマンド運用を改善するのに役立っています。

第 4 に、エッジ コンピューティングの豊富なクラウド サービスは、クラウド ゲームの効率的な運用と保守を支援します。クラウド ゲームは、多数のエッジ コンピューティング ノード、異なるバージョンおよびタイプのゲームを維持する必要があり、ゲームは一般に比較的大きく、頻繁に更新されます。自動ゲーム更新配信や同期などの問題は、タイムリーに処理する必要があります。エッジ コンピューティングの豊富なクラウド サービスは、クラウド ゲームの効率的な運用と保守を実現するのに役立ちます。例えば、クラウド ゲームのグレースケール リリースは、エッジ ロードバランシング

を通じて正確に制御することができます。エッジ カスタム ミラーリングとミラー プリヒーティング 機能の助けを借りて、複数のエッジ ノードを指定して迅速なリソース拡張などを実現することができます。インターネット相互運用性とその他の機能は、クラウド ゲームの更新と配布を迅速に実現することができます。

## ユースケース



一般的なクラウド ゲーム ビジネス アーキテクチャは、主にローカル クライアント、クラウド ゲーム パブリック サービス、クラウド ゲーム バックエンド サービス、クラウド ゲーム エッジ ノードなどで構成されています。

### クライアント：

ユーザーは、クラウド ゲーム関連のデコード、ユーザー管理、操作制御などの機能を統合したクライアントを、携帯電話やPCなどのローカル デバイスにインストールする必要があります。クライアントは次のことを行う必要があります。

- ◆ ユーザー登録、ログイン認証などを実現し、クラウド ゲーム ビジネス プラットフォームに依頼して対応するクラウド ゲーム サービスを取得します。
- ◆ キーボードやマウス コマンドなどのローカル コントロール デバイスをクラウド ゲーム インスタンスに送信します。
- ◆ クラウド ゲーム プラットフォームからビデオおよびオーディオ ストリームを受信し、デコードと表示を実装します。

クラウド ゲーム パブリック サービスが行う必要があるのは、主に中央クラウドに展開されるゲーム アクセス サービス、運用管理、インテリジェント スケジューリングなどです。

- ◆ ユーザー アカountの開設・管理、サービス加入・決済等
- ◆ ビジネス シナリオ、ゲーム アプリケーション、インスタンス容量管理などの運用
- ◆ 適切なクラウド ゲーム インスタンスは、ユーザーの地域、ネットワーク、およびゲーム計算能力に応じて、クラウド ゲーム インスタンス リソース プールからユーザーに割り当てられます。

ゲーム バックグラウンド サービスは、論理計算のためにクラウド ゲーム エッジ ノード上のクラウド ゲーム サーバーの入力を受信し、その結果をクラウド ゲーム サーバーに返す役割を果たします。ゲーム バックエンド サービスは、ゲーム サービスのレイテンシ要件を満たすことができ、中央のクラウドに展開することも、各エッジに個別に展開することもできます。

クラウド ゲーム エッジ ノードは、主にマルチリージョン エッジ コンピューティング ノード インスタンスをリソース プールとして使用し、クラウド ゲームの実行環境を提供します。クラウド ゲーム ビジネス プラットフォームは、リー



ジョン、ネットワーク、ゲーム計算能力などの情報に基づいて、ユーザーの近くのクラウド ゲーム インスタンスをインテリジェントにスケジュールします。このプラットフォームは、X86+GPU、ARM などのインスタンスを提供し、さまざまなクラウド ゲーム用のさまざまなインスタンス仕様を提供します。

ゲーム アプリケーションはこのインスタンスで実行されます。ユーザーのローカル クライアント側の命令を解析した後、論理演算、レンダリング、スクリーン キャプチャ、およびエンコーディングを実行し、RTC などのオーディオおよびビデオ伝送を介してユーザーのローカル クライアントにストリームをプッシュします。

## LF Edge Akraino クラウド ゲーム ビジネスの実現可能性とビジネス モデル分析

Microsoft による Activision Blizzard の過去最高の 680 億ドルの買収と、Epic Games への最新の投資（同社の評価額は 320 億ドル）は、ビデオ ゲーム業界の急速な成長とコンシューマー エンターテインメントの急増を浮き彫りにしています。モバイル ゲームはカジュアル ゲームのプラットフォームとなっており、5G とエッジ コンピューティングの助けを借りてさらに成長し、新しいクラウド ゲームの価値提案を提供する準備ができています。

モバイル デバイスがクラウドに移行するにつれて、手に持っている同じ Android スマートフォンのすべての機能を、完全に機能する仮想化されたサービスとしてのスマートフォンとしてクラウドから提供できるようになりました。スマートフォンでダウンロードしてプレイできるアプリやモバイル ゲームは、クラウドを通じて提供できるようになりました。仮想デスクトップ インフラストラクチャ (VDI) テクノロジーがサービスとしてのデスクトップのテクノロジー レイヤーになり、消費者および企業市場で拡大されたように、仮想モバイル インフラストラクチャ (VMI) は現在明確な現実であり、GPU のサーバー アクセラレーションを備えた Arm と 5G モバイル エッジ コンピューティング (MEC) テクノロジーによって強化されます。

ゲーム開発者やパブリッシャーは、物理的なモバイル デバイスの複雑さや、市場でゲームをサポートするために必要なモバイル OS バージョンの断片化について心配する必要がなくなりました。ゲーム開発者は、プレーヤーが使用しているデバイスやオペレーティング システムに関係なく、意図したゲーム体験を最もよく提供するゲームをサポートするための最高の機能を備えた単一のオペレーティング システムに集中することができます。これにより、開発、テスト、品質保証、リリース、サポートが簡素化されます。また、ゲーマーに“公平な競争条件”体験を提供します。このバランスは、パブリッシャーが、開発者によって設計され、ゲーマーが期待するゲームプレイを提供しながら、比較的ローエンドまたは古いデバイスを持つゲーマーが、最新の高度なハイエンド スマートフォンを持つライバルと競争することを意味します。

エッジからのクラウド ゲームのストリーミングは、従来のアプリ ストアへの依存を排除し、収益分配モデル、ゲーム内販売、在庫、マーケティング管理をゲーム開発者やパブリッシャーに移転します。ゲームは、モバイル ブラウザーやカスタム プレーヤーに直接ストリーミングすることができます。アプリ ストアのフロントを通過してダウンロードする必要はありません。ゲームは、配信制限や店頭での“税金”を支払うことなく、プレーヤーが最もアクセスするチャンネルから直接入手できます。

現在、モバイル ゲームは世界全体で 700 億ドル以上の収益を生み出しており、従来のモバイル スマートフォンとタブレットは年間 10% 成長しています。クラウド ゲームへの移行は、カジュアルなゲーム体験を超えて、より多くのゲームをより多くのユーザーに提供し、接続されたあらゆるデバイスにコンソール ゲームのパフォーマンスを提供する可能性があります。

現在、複数のクラウド ゲーム サービスが利用可能ですが、それらは依然として従来のサブスクリプション ベースのビジネス モデルに従っています。では、クラウド ゲームに関する新しいビジネス モデルを作成できるのは誰でしょうか？もちろん、クラウド サービス プロバイダーとして存在する 5G モバイル ネットワーク オペレーター、ファイバー/ケーブル プロバイダー、さらにはメディア会社もあります。クラウド ゲームをワイヤレス、インターネット、またはメディアサービスのコンポーネントとしてバンドルすることで、既存のインフラストラクチャ、課金システム、サポート、および顧客サービスを活用できます。クラウド ゲームは、新規顧客を引き付けるための差別化されたマーケティング ツールになる可能性があり、解約を減らすためのロイヤリティ ツールとしても使用できます。

ライブ スポーツ イベントを活用してリアルタイムのインタラクティブなゲーム体験を提供し、ファンをライブとリモートの両方でアクションに近づけるモデルは他にもあります。これらのモデルは、スタジアムの命名や放送パートナーシップ契約にステップ インすることもでき、既存の従来のブランド マーケティング プログラムに価値を加えることができます。

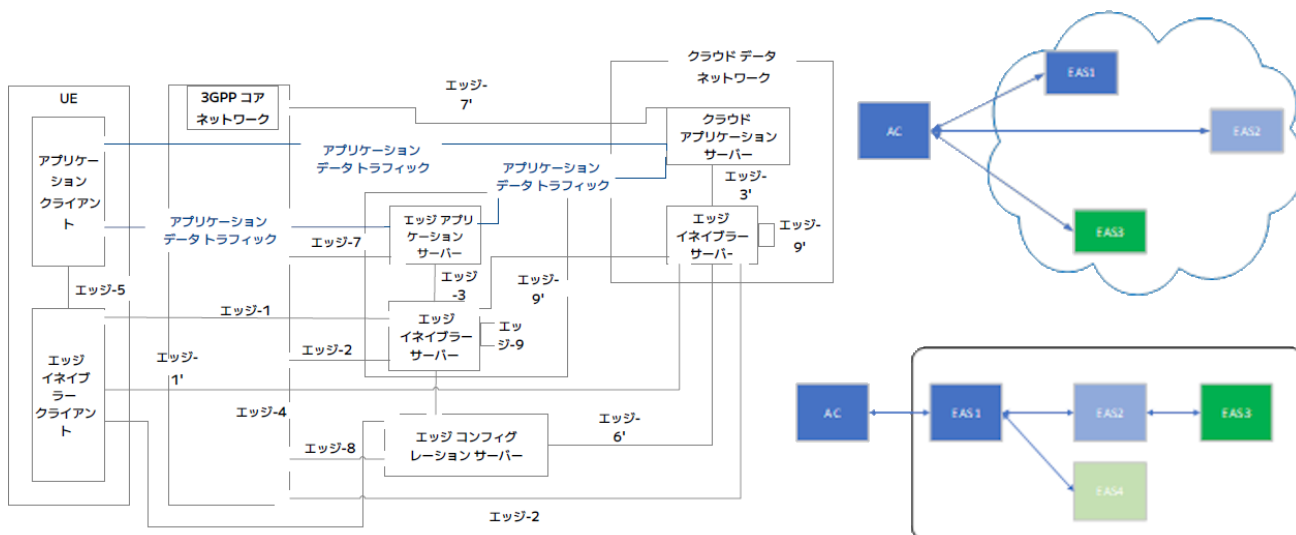
# LF Edge Akraino クラウド ゲームの全体的なアーキテクチャ

エッジ アプリケーションおよびサービスを実現するための 5G アドバンスト拡張に関しては、エッジ イネーブラー レイヤー (EEL) プロシーダージャは、EAS (エッジ アプリケーション サーバー) 検出およびサービス継続性サポートなどのサービスが EAS ごとに実行されるように設計されており、個々の EAS は EAS エンドポイント (URI、FQDN、IP アドレスなど) を使用して一意に識別されます。

エンド ユーザーにサービスを提供するために、一般的な AC は複数のエンド ポイント、つまり複数の EAS と通信します。これにより“EAS バンドル”が作成され、EEL によって提供されるサポートに影響を与えます。多数のユーザーをサポートするオンライン ゲームの例を挙げると、さまざまなゲーム機能が複数のサーバーに分割されます。たとえば、ゲーム状態とユーザー入力管理のためのゲーム エンジン、プレイヤー間の通信のためのゲーム内チャット サーバー、レンダリングされたイメージをキャプチャし、エンコードし、プレイヤーのデバイスに転送するためのキャプチャ サーバーなどです。これらの EAS がそれぞれ個別に検出、制御、再配置されると、全体的な QoS に影響を与える可能性があります。たとえば、ゲーム エンジンの ACR (アプリケーション コンテキスト リロケーション) が失敗した場合は、キャプチャ サーバーの ACR をキャンセルして近接性を維持する必要があります。EAS が他の EAS と連携してサービス (気象、交通、地図など) を提供するためには、“EAS コンテキスト”処理と複合 EAS サポートがエッジ互換レイヤーで必要になる場合があります。ACR が UE モビリティによって発生する場合は、複合 EAS コンテキストを再配置する方法が、コンポジット EAS の継続的なサービスを提供するために必要になる場合があります。

さらに、UE が移動した EDN 内の“複合 EAS”にサービスを提供する EAS を見つけるための方法が必要になる場合があります。EAS は CAPIF の機能を通じて他の EAS API を発見し、通信することができますが、サービス継続性のためには、複合 EAS を提供する EAS を発見し、複合機能を提供する EAS のコンテキストを再配置することが必要になる場合があります。

CAS (クラウド アプリケーション サーバー) と CES (クラウド イネーブラー サーバー) は、クラウド データ ネットワーク (CDN) に導入されたサーバーであり、EAS と EES はエッジ データ ネットワーク (EDN) に導入されたサーバーです。エッジ データ ネットワーク (EDN) 内の特定の EAS と EES が、通常のエッジ サーバーよりも多くの UE をサポートでき、どこからでも (N6 ルーティング可能) UE にサービスを提供できる場合、それらの役割はそれぞれ CAS と CES の役割になります。



クラウド ゲームのアーキテクチャは、主にユーザー ローカル側、ネットワーク伝送、クラウド側の 3 つの部分に分けられます。

ユーザー ローカル端末側：

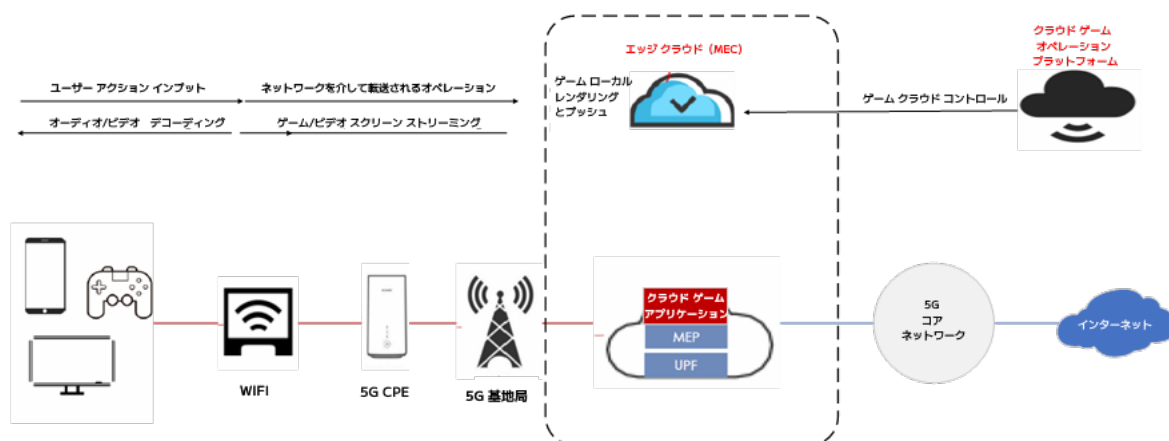
ユーザーは、クラウド ゲーム プラットフォームのポータルにアクセスし、主にクラウド ゲーム プラットフォームからのビデオ ストリームとオーディオ ストリームを受信し、それらを表示および提示します。同時に、操作装置の入力命令をクラウド プラットフォームにアップロードします。ユーザーのローカル端末側には、表示装置と操作装置が含まれます。表示装置は、主に携帯電話、PC、PAD、大画面などで構成されます。操作装置は、キーボード、マウス、ゲーム ハンドルなどで構成されます。

ネットワーク伝送：

これには主に、バックボーン ネットワーク、メトロポリタン エリア ネットワーク、アクセス ネットワークとホーム ネットワーク、5G ネットワークなどが含まれます。ネットワーク伝送は、クラウド プラットフォームと端末を接続し、クラウド内のリアルタイムの音声と映像をユーザー端末にリアルタイムで伝送し、安定性を維持する役割を担っています。

クラウド ゲーム プラットフォーム側：

クラウド ゲーム プラットフォーム側は、クライアントから命令を受け取り、論理計算、リアルタイム レンダリング、エンコーディング、ビデオ ストリーミング、オーディオ ストリーミングなどを実装します。



端末は、5G 基地局を介してクラウド ゲーム サーバーに接続し、クラウド ゲーム サーバーは、ユーザーが持っている位置情報に従って、最も近い MEC にゲーム ユーザーを割り当てます。最も近い MEC は、ゲーム レンダリング加速サービスを提供し、低レイテンシで良好な経験を持つゲーム サービスを提供します。

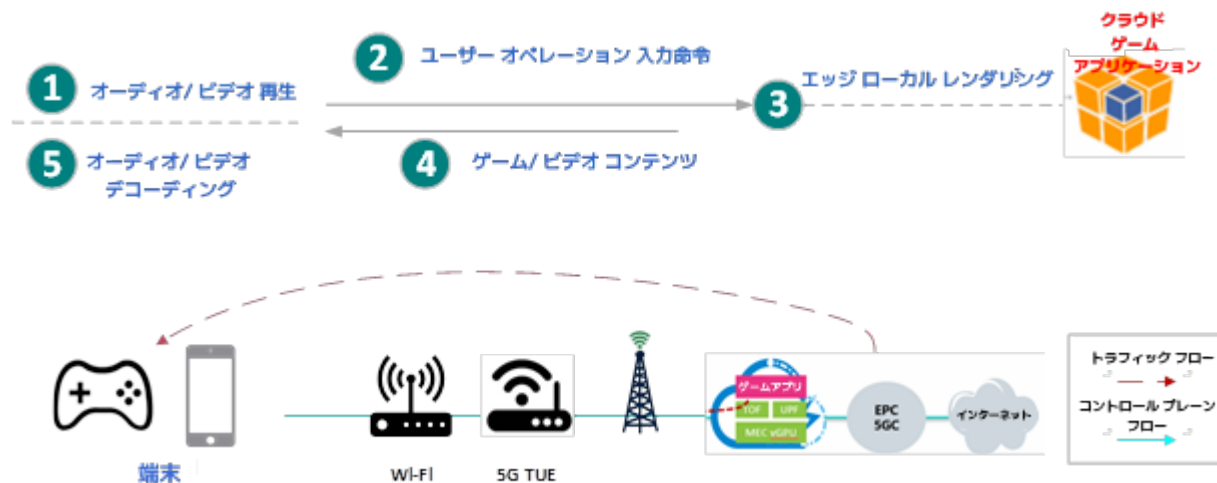
Integrated Edge Cloud (IEC) は、Akraino が承認した blueprint ファミリーであり、完全に統合されたエッジ インフラストラクチャ ソリューションの開発を目的とする Akraino Edge Stack の一部です。このプロジェクトは、エッジ コンピューティングに完全に焦点を当てています。このオープンソース ソフトウェア スタックは、ハイパフォーマンスを可能にし、レイテンシを削減し、可用性を向上させ、運用オーバーヘッドを削減し、スケーラビリティを提供し、セキュリティ ニーズに対応し、障害管理を改善するための重要なインフラストラクチャを提供します。IEC プロジェクトは、通信業界だけでなく、複数のエッジ ユースケースと業界に対応します。IEC は、キャリア、プロバイダー、および IoT ネットワークのソリューションとサポートを開発することを意図しています。

IEC Type3 は主に、GPU/vGPU マネジメントを備えたエッジ ARM クラウド アーキテクチャ上で実行される Android アプリケーションに焦点を当てています。また、ARM クラウド ゲームは、柔軟性やあらゆる場所での可用性など、“クラウド”の基本的な機能を備えている必要があります。Android アプリケーション用に最適化されたクラウド インフラストラクチャに基づき、Android クラウド ゲームや VR/AR ライブ ビデオなどの ARM アプリケーション サービスを提供します。

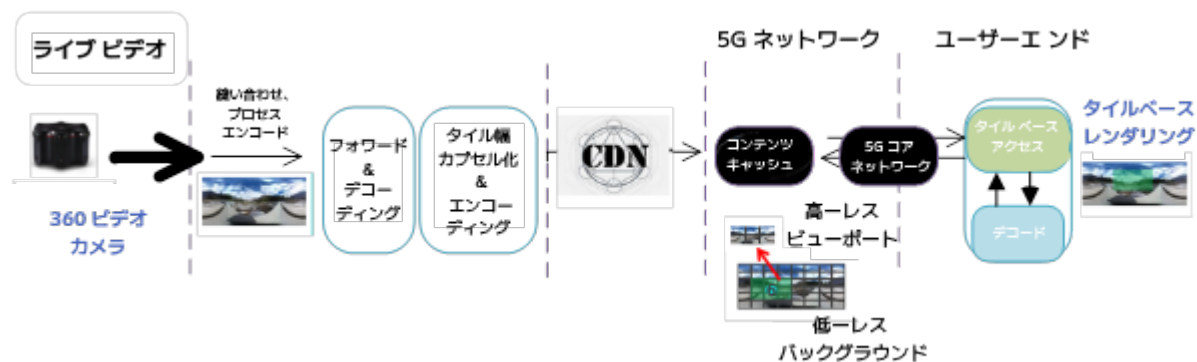


## ユースケース

### <ユースケース 1：Android クラウド ゲーム>

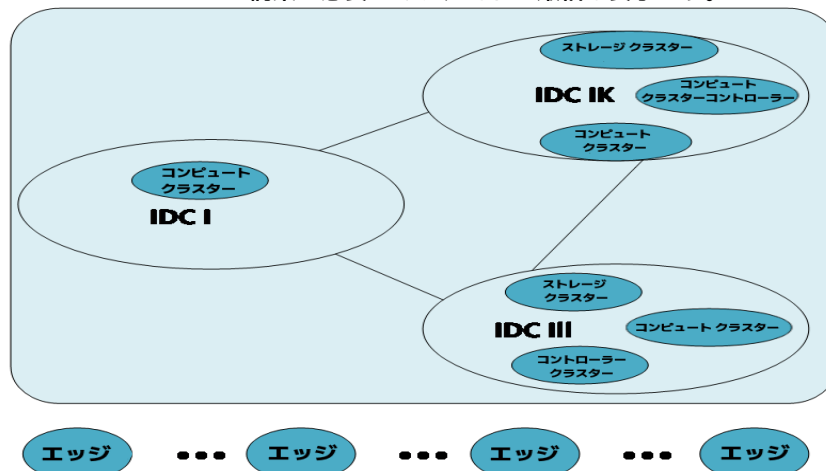


### <ユースケース 2：VR/AR Android アプリケーション> (今後の検討)



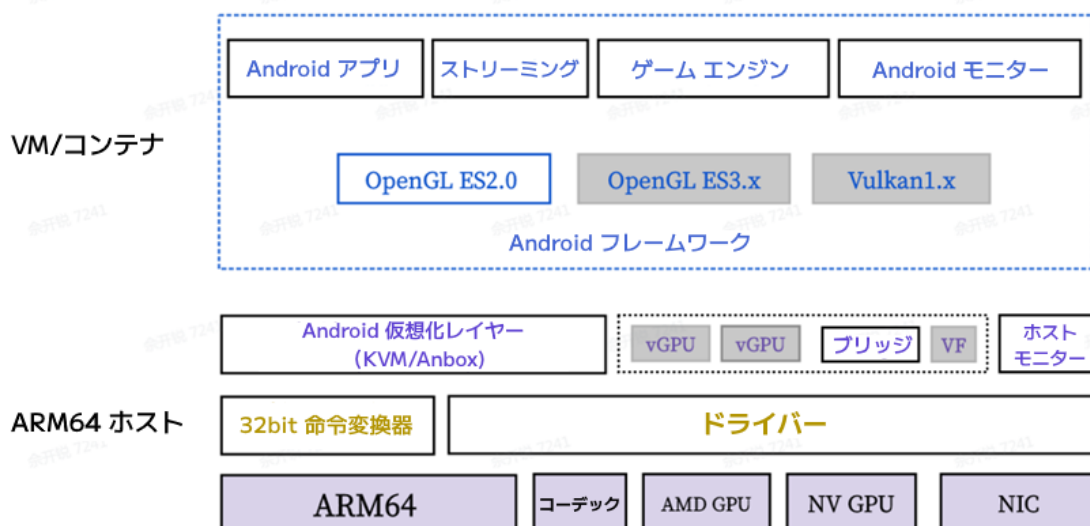
## ビジネスの推進要因

- エッジ クラウドには、Android プラットフォーム上でのクラウド ゲームのためのイニシアチブが必要です
- 5G + エッジは、クラウド ゲームに低レイテンシと高スループットをもたらし、ユーザー エクスペリエンスを向上させます
- ますます多くの Android アプリケーションがエッジ コンピューティング プラットフォームに移行するでしょう。Android プラットフォームの構築は必要であり、それは厳格な要求です。

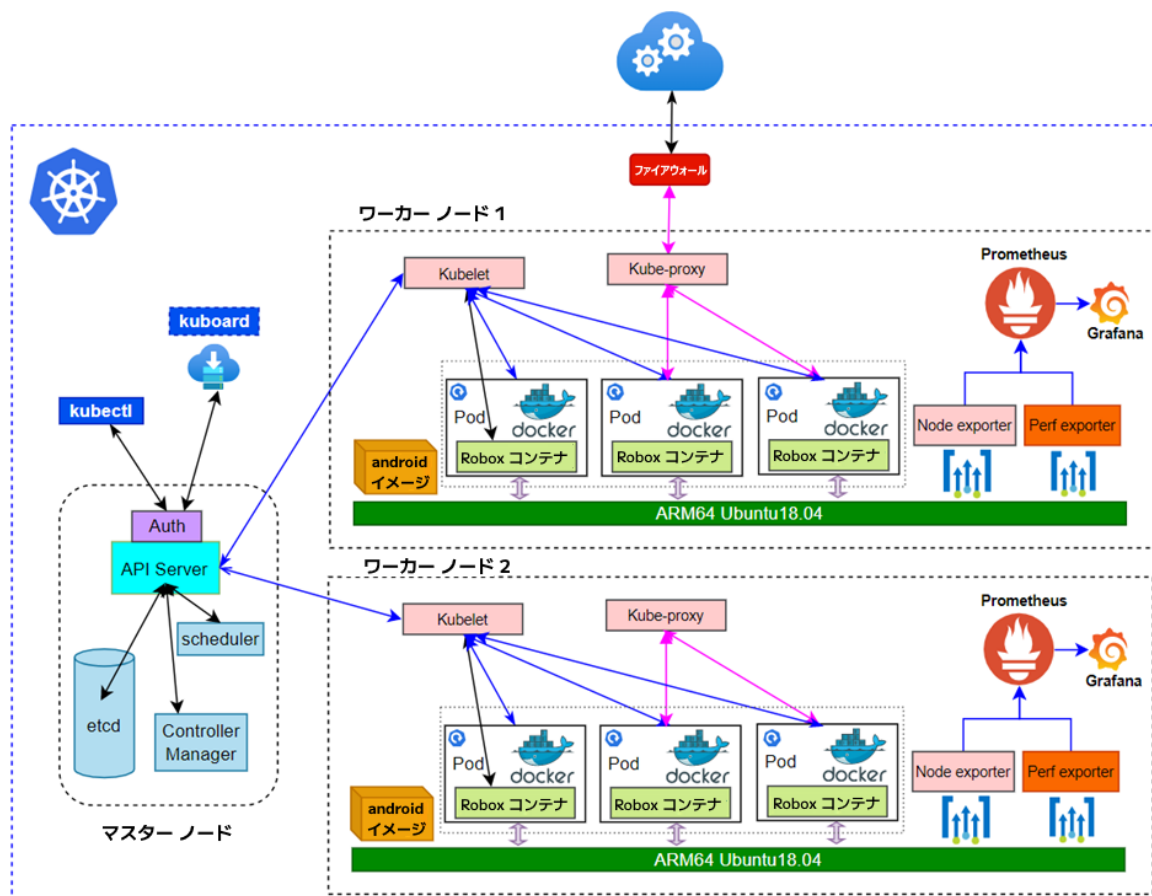


## プラットフォーム アーキテクチャ

クラウド ゲーム プラットフォームのアーキテクチャは、ホスト側が完全な arm64 ベースの Linux システムであることと、コンテナ側が完全な Android システム イメージであることの 2 つの部分に分けることができます。Android システムの最下層は Linux システムであるため、コンテナは単なる Android ソフトウェア スタックであり、仮想周辺機器は Android システムが実行するために必要な環境を提供します。



## Anbox クラウド ゲーム フレームワーク



プロジェクトのコア フレームワークは、上の図に示されています。クラスターは複数のホストで構成され、複数の robox ポッドはマスター ノードを介してワーク ノードにデプロイすることができ、そして各ポッドは anbox を実行するコンテナです。

プロジェクト全体には、主に左側の 3 つの主要なブロック、アーキテクチャ基盤、ポッド ノード インスタンスの展開、およびワーク ノードのパフォーマンス分析が含まれています。

1) 基本的なデプロイでは、まず Android ソフトウェア スタックに精通し、Android ファームウェアをコンパイルする必要があります。robox コンポーネントの準備ができれば、提供されたスクリプトを使用してコンテナ ファームウェアを起動できます。最後に、デスクトップに Android ウィンドウがポップアップ表示されます。この時点で、このコンテナに異なる Android アプリケーションをインストールできます。また、複数のコンテナを起動できます。サーバーの場合は、この時点で VNC にリモート接続し、異なるポートを介して異なるコンテナにアクセスする必要があります。

2) ノード インスタンスをデプロイするには、まず k8s システムを構築する必要があります。次に、ソフトウェアを記述することによって、k8s を介してさまざまなポッドで robox を実行できます。その後、kuboard 視覚化コンポーネントを使用してクラスタのステータスを表示できます。

3) ノードのパフォーマンス分析では、ノード上の各ポッドで Android ゲームのインスタンスを実行できます。使用シナリオに近づくために、ここでは 20 以上のインスタンスを起動し、perf を通じてシステムのさまざまな時間を抽出し、フレーム グラフに変換して、システムのボトルネックをフレーム グラフ上で分析できます。同時に、ここでは一般的な promethues コンポーネントを使用してシステムを監視および分析し、grafana コンポーネントを使用して結果をより良い方法で表示してプラットフォームを制御します。

## LF Edge Akraino クラウド ゲーム ユーザー体験 評価システム

クラウド ゲームでは、モバイル デバイスのセンサー マトリックスを活用して、これまでは複雑すぎたり、実現不可能だった新しいゲーム体験を開発することができます。ゲーマーの手にある物理デバイスは、サーバー ベースの仮想モバイル デバイスへのリモート センサー フィードとなり、データ センターでゲームを実行します。

ローカル カメラ、GPS、傾斜計、その他のハードウェア センサーが、サーバー ベースの仮想モバイル デバイス上で実行されているゲームに供給されます。例えば、ゲーマーの物理的な電話の GPS センサーは、物理的に離れているが実際には同じ場所にいる何千人ものゲーマーの仮想位置である可能性があります。Google Maps のようなアプリでさえ、仮想モバイル デバイス上の GPS 情報を実際の衛星 GPS 信号として認識します。この“センサー マトリックス”という新しい概念は、次世代ゲーム体験のための全く新しい入力領域を開くものであり、実際の電話や仮想電話のセンサーをゲームに使用することができます。

ゲーマーは、メディアを通じて配信するのにゲームプレイをキャプチャするためにパフォーマンスを犠牲にすることはなくなりました。高品質のフルモーション ビデオは、追加コストなしでリアルタイムでストリーミングまたは保存でき、ゲームプレイに遅延の影響を与えることはありません。さらに、かつてはシングルユーザー体験だったものが、今ではマルチユーザー体験になる可能性があります。たとえば、プロゲーマーは、同じモバイル ゲームで初心者クライアントをリアルタイムで指導できます。プロのプレイヤーは、キャラクター全体またはゲームの一部をリアルタイムで制御でき、一緒にプレイする初心者クライアント プレイヤーにリアルタイムのガイダンスを提供します。この機能は、これまでモバイル ゲームでは提供されていませんでした。

従来の店頭やサブスクリプション サービスに代わる多くの選択肢は、1 つのタイトルがプレイされる前のゲーム体験を変えることができます。クラウド ゲームは、ゲーム メーカー、パブリッシャー、そして事実上あらゆるデジタル ブランドに、彼らが適切と思う場所でクラウド ゲームを提供する機会を開きます。飲料会社は、彼らの製品に置かれた QR コードをスキャンすることによってのみアクセス可能な季節のスポーツ ゲームを提供することができます。スキャンは直ちにゲーム プレイへのストリームを開きます。

# 次世代のクラウド ネイティブ ARM サーバー チップが LF Edge Akraino クラウド ゲームを支援

クラウド ゲームとモバイル クラウド アプリケーションはどちらも ARM サーバを使用しており、ゲームとモバイル アプリケーションはクラウド内の ARM サーバー上で実行されます。

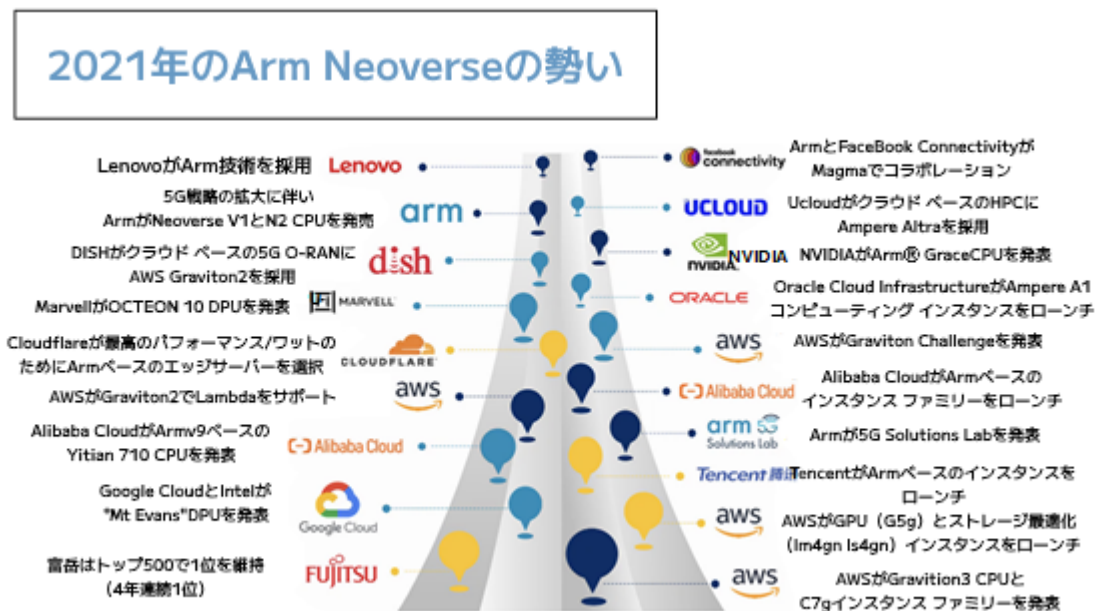
ARM 汎用サーバーは、専用のマルチコア (32 コア、64 コア、80 コアなど) ARM アーキテクチャ サーバー プロセッサをベースに開発されており、周辺機器には PCI-e GPU カード、メモリー カード、その他の IO カードが搭載されています。

ARM アレイ サーバー (ARM クラスター サーバー、Android クラウド サーバーとも呼ばれる) は、高性能 ARM SoC をベースとした複数 (60、64、128 など) のサーバー シャーシ内に設計されており、高速ネットワークを介して相互にまたは外部と通信します。

現在、クラウド ゲームとクラウド携帯電話事業者は、いくつかの主要なインターネット メーカーを含むこれら 2 つのアーキテクチャのサーバーを使用しています。ARM の一般的なサーバー プロセッサ メーカーには、Phytium、Kunpeng、Ampere、Amazon などがあります。

Neoverse N2 でアップグレードされたマイクロアーキテクチャは、ISO プロセスと頻度で Neoverse N1 よりも +40% の IPC アップリフトを提供します。Neoverse N2 は、Arm の最先端のベクトル ISA である SVE2 をサポートする最初の Armv9 コアです。Neoverse N2 アーキテクチャは、ダイあたり最大 256 コアと 512 MB のシステムレベル キャッシュをサポートできます。

Neoverse N2 を搭載することで、次世代の arm サーバーcpu は、エッジ コンピューティングとエッジ クラウド ゲームでより高いパフォーマンスを実現できます。エッジ コンピューティングとエッジ クラウド ゲームでは、約 30~40% の向上が見込まれます。



## エッジ コンピューティング クラウド ゲームのプラットフォーム

クラウド ゲーム ソリューションには 2 つのカテゴリがあります。1 目目のカテゴリは、主にパソコンゲームのクラウド 化を解決する X86 アーキテクチャに基づいており、2 目目のカテゴリは、主にモバイル ゲームのクラウド化を解決する ARM アーキテクチャに基づいています。ARM ソリューションと比較すると、X86 ソリューションは計算能力が高く、コンテンツが多く、レイテンシが低く、より成熟したアーキテクチャ システムを備えています。

現在主流のクラウド ゲーム ソリューションには、X86+Nvidia GRID サーバー/その他のサーバー、ARM サーバー+ AMD/Nvidia/その他のグラフィックス カード、組み込み ARM アレイ サーバーなどがあります。

全体として、PC クラウド ゲームは比較的成熟していますが、GPU レンダリングへの依存度が高く、GPU 仮想化のコストが比較的高く、短期的にコストを削減することは困難です。

Android クラウド ゲームには、ハードウェア アーキテクチャの選択肢が多く、ARM サーバー ソリューション、arm CPU アレイ ソリューション、X86 仮想マシン ソリューションなどの典型的なソリューションがあります。X86 仮想マシン ソリューションはトランスコーディングを必要とし、パフォーマンスが大幅に低下するため、ARM アーキテクチャに基づく Android クラウド ゲームには当然のメリットがあります。何らかの理由でリソースが不足した場合、成熟した arm サーバー エコシステムを考慮すると、PC/X86 クラウド ゲーム ソリューションを補完するものとしての ARM サーバーは可能な選択肢です。

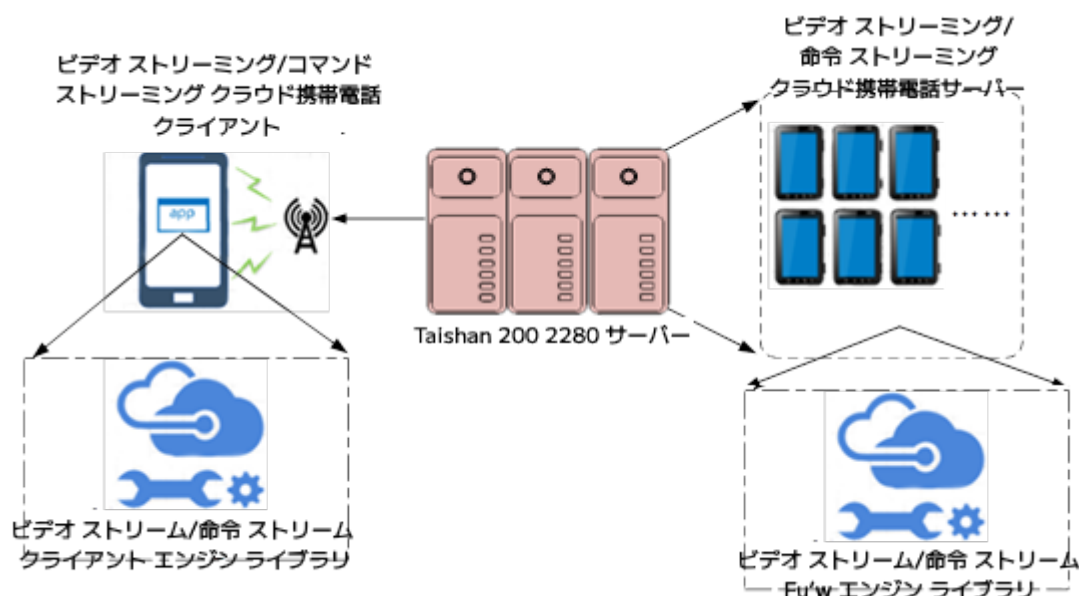
## エッジ コンピューティング クラウド ゲームのパフォーマンス

ARM クラウド ネイティブ携帯電話は新興産業です。現在利用可能なテスト方法とツールには、オープンソースのテストフレームワークとテスト ツールが含まれています。CTS (Google の公式ウェブサイト Android 互換テスト スイート)、dEQP (drawElements quality plan (dEQP) GPU テスト スイート)、Potplayer (サードパーティ アプリ)、GFXBench (モバイル グラフィックス パフォーマンス テスト ツール)、Perfdog (モバイル フルプラットフォーム パフォーマンス テスト分析ツール) があり、クラウド携帯電話のテスト標準の包括的なテストを行っています。

GCC アライアンスは、主にサーバーARM ネイティブ クラウド携帯電話シナリオ テスト標準に基づいており、基本機能テスト、パフォーマンステスト、互換性テスト、経験的テストをカバーしています。テスト ネットワークを下図に示します。インフラストラクチャは ARM サーバーです。基本クラウド電話は基盤となるデータ センターで仮想化され、命令ストリーム エンジン/ビデオ ストリーム エンジンは基本クラウド電話に展開されて命令ストリーム/ビデオ ストリーム クラウド電話サービスを形成します。

同時に、ユーザーは端末携帯電話にコマンド ストリーム/ビデオ ストリーム クラウド携帯電話クライアント APP をデプロイし、デプロイ後にインターネットにアクセスし、クリックしてクラウド携帯電話に入る必要があります。次に、サーバー/クラウド電話で関連するテスト ツールを使用して、単一インスタンス/クラスターをテストします。次の表とグラフは、一般的なハードウェア構成に基づくテスト アーキテクチャ、テスト ツール、およびテスト結果を示しています。

## クラウド ゲーム テスト アーキテクチャ





## クラウド ゲーム テスト ツール

| テスト ツール名 | 目 的                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------|
| Gfxbench | このドキュメントでは、クラウド携帯電話クライアントに表示される画像や動画などのパフォーマンスをテストするために使用されます |
| CTS      | このドキュメントでは、クラウド携帯電話システムのAPIの互換性をテストするために使用されます                |
| Deqp     | このドキュメントでは、グラフィックス ライブラリAPIの互換性をテストするために使用されます                |
| Perfdog  | このドキュメントでは、クラウド携帯電話の流畅さの指標を収集するために使用されます                      |
| Potlayer | このドキュメントでは、クラウド携帯電話のタッチ指標を収集するために使用されます                       |

## クラウド ゲーム パフォーマンス テスト ケース

| 番号 | ユースケース                            | テスト指標                                      | テスト要件                                                                              |
|----|-----------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | クラウド<br>携帯電話の<br>総合<br>性能<br>テスト  | CPU使用量                                     | 同じGPUカードで1つのコンテナを起動し、subway Parkourを実行する                                           |
|    |                                   | メモリ使用量                                     | 同じGPUカードで1つのコンテナを起動し、subway Parkourを実行する                                           |
|    |                                   | GPU占有率                                     | 同じGPUカードで1つのコンテナを起動し、subway Parkourを実行する                                           |
|    |                                   | ディスクIOデータ                                  | 同じGPUカードで1つのコンテナを起動し、subway Parkourを実行する                                           |
|    |                                   | フレームレート データ                                | 同じGPUカードで1つのコンテナを起動し、subway Parkourを実行する                                           |
|    |                                   | 帯域幅データ                                     | 同じGPUカードで1つのコンテナを起動し、subway Parkourを実行する                                           |
| 2  | クラウド<br>携帯電話<br>イメージ<br>性能<br>テスト | Gfxbench パフォーマンス<br>スコア (ハイレベル テスト)        | Gfxbenchはクラッシュせず、コンテナも正常                                                           |
|    |                                   | Gfxbench パフォーマンス<br>スコア (ローレベル テスト)        | Gfxbenchはクラッシュせず、コンテナも正常                                                           |
|    |                                   | Gfxbench パフォーマンス<br>スコア (特殊テスト)            | Gfxbenchはクラッシュせず、コンテナも正常                                                           |
| 番号 | ユースケース                            | テスト指標                                      | テスト要件                                                                              |
| 3  | クラウド<br>携帯電話<br>ストレス<br>性能<br>テスト | p/30fps ディスプレイで<br>の、720クラウド携帯電話<br>デプロイ密度 | クラウド携帯電話のデプロイ密度を継続的に増加させ、各クラウド携帯電話はサーバーのパフォーマンスがボトルネックになるまでsubway Parkourゲームを実行します |
|    |                                   | p/60fps ディスプレイで<br>の、720クラウド携帯電話<br>デプロイ密度 | クラウド携帯電話のデプロイ密度を継続的に増加させ、各クラウド携帯電話はサーバーのパフォーマンスがボトルネックになるまでsubway Parkourゲームを実行します |

|  |  |                                     |                                                                                    |
|--|--|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | p/30fps ディスプレイでの、1080クラウド携帯電話デプロイ密度 | クラウド携帯電話のデプロイ密度を継続的に増加させ、各クラウド携帯電話はサーバーのパフォーマンスがボトルネックになるまでsubway Parkourゲームを実行します |
|  |  | p/60fps ディスプレイでの、1080クラウド携帯電話デプロイ密度 | クラウド携帯電話のデプロイ密度を継続的に増加させ、各クラウド携帯電話はサーバーのパフォーマンスがボトルネックになるまでsubway Parkourゲームを実行します |

## クラウド ゲーム性能テスト結果

| テスト内容                 | テスト仕様                                    | CPU   | メモリ   | GPU   | ディスク IO | フレーム レート | 帯域幅        |
|-----------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|---------|----------|------------|
| クラウド電話<br>総合性能<br>テスト | 単独 GPU、<br>2 コンテナ、<br>3 コア (VCPU 1.5 コア) | 0.60% | 1.37% | 4.28% | 27/sec  | 30.02fps | 691.68KB/s |

| テスト内容                   | テスト対象       | CPU    | メモリ    | 帯域幅 | ディスク IO    | フレーム レート                                                 | 密度        |
|-------------------------|-------------|--------|--------|-----|------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| クラウド電話<br>ストレス性能<br>テスト | 720p/30fps  | 55.60% | 33%    | 1G  | 667.8/sec  | NA<br>(サーバーのボトルネックに対する<br>ストレス テスト、フレーム レートは検査項目ではありません) | 112 チャンネル |
|                         | 720p/60fps  | 60.07% | 53.70% | 1G  | 1113.1/sec |                                                          | 74 チャンネル  |
|                         | 1080p/30fps | 62%    | 53.50% | 1G  | 1026.7/sec |                                                          | 113 チャンネル |
|                         | 1080p/60fps | 61.10% | 53.10% | 1G  | 1099/sec   |                                                          | 65 チャンネル  |

| 指標項目                    | データ値             |
|-------------------------|------------------|
| 平均フレームレート (fps)         | 30.2             |
| フレーム ジッター (fps)         | 1.9              |
| 低フレームレート (%)            | 0.7              |
| フレーム間隔 (ms)             | 33.1             |
| ジャンク (10 分間のジャム数)       | 40               |
| スタッター (ストール率)           | 1.7              |
| クラウド電話起動成功率 (%)         | 100%             |
| クラウド電話セットアップ時間 (ms)     | 2417             |
| クラウド電話終了時間 (ms)         | 411              |
| クリック感度 (%)              | 100%             |
| タッチ スクリーン応答時間遅延 (ms)    | 195              |
| ディスプレイ解像度               | 1080*1920 DPI480 |
| オーディオ品質数値               | パス               |
| 音と映像の同期差                | -312             |
| ARM ネイティブ クラウド電話体験総合スコア | 3.75             |

| テスト<br>内容               | テスト<br>仕様                                           | GFXbench テスト結果               |                                    |                               |                                                     |                                        |                                                    |                                 |                                                                    |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| クラウド電話<br>イメージ性能<br>テスト | 2<br>コンテナ<br>3 コア<br>(vcpu1.5<br>コア)<br>クラウド<br>ゲーム | ハイレベル テスト                    |                                    |                               |                                                     |                                        |                                                    |                                 |                                                                    |
|                         |                                                     | Car<br>Chase                 | 1080p Car<br>Chase<br>Offscreen    | Manhattan<br>3.1              | 1080p<br>Manhattan<br>3.1<br>Offscreen              | 1440p<br>Manhattan<br>3.1<br>Offscreen | Manhat<br>tan                                      | 1080p<br>Manhattan<br>Offscreen | T-REX<br><br>1080p T-<br>REX<br>Offscreen                          |
|                         |                                                     | 1775<br>フレーム<br>(30<br>FPS)  | 6095<br>フレーム<br>(109FPS)           | 1861<br>フレーム<br>(30 FPS)      | 8401<br>フレーム<br>(136 FPS)                           | 4783<br>フレーム<br>(77 FPS)               | 1862<br>フレーム<br>(30<br>FPS)                        | 12234<br>フレーム<br>(197 FPS)      | 1681<br>フレー<br>ム<br>(30<br>FPS)<br><br>20105 フ<br>レーム<br>(359 FPS) |
|                         |                                                     | ローレベル テスト                    |                                    |                               |                                                     |                                        |                                                    |                                 |                                                                    |
|                         |                                                     | Tessella<br>tion             | 1080p<br>Tessellation<br>Offscreen | Arithmetic<br>logic unit<br>2 | 1080p<br>Arithmetic<br>logic unit<br>2<br>Offscreen | Driver<br>Overhead<br>2                | 1080p<br>Driver<br>Overhea<br>d 2<br>Offscre<br>en | Texturing                       | 1080p Texturing<br>Offscreen                                       |
|                         |                                                     | 902.5<br>フレーム<br>(30<br>FPS) | 23428<br>フレーム<br>(390 FPS)         | 902.4<br>フレーム<br>(30 FPS)     | 24327<br>フレーム<br>(405 FPS)                          | 901.8<br>フレーム<br>(30 FPS)              | 4459<br>フレーム<br>(74<br>FPS)                        | 4390<br>フレーム<br>Mtexel/s        | 25269 フレーム<br>Mtexel/s                                             |
|                         |                                                     | 特殊テスト                        |                                    |                               |                                                     |                                        |                                                    |                                 |                                                                    |
|                         |                                                     | レンダリング品質                     |                                    |                               |                                                     | レンダリング品質（高精度）                          |                                                    |                                 |                                                                    |
|                         |                                                     | 4373 (mB PSNR)               |                                    |                               |                                                     | 4373 (mB PSNR)                         |                                                    |                                 |                                                                    |

# 結論

ここ2〜3年、クラウド ゲーム業界は急速に発展し、ユーザー規模や市場規模は大幅に拡大したものの、ユーザー体験のさらなる向上や運営コストのさらなる削減といった課題に直面しています。エッジ コンピューティングは、広く分散したノード、高性能なマルチ タイプのコンピューティング パワー、費用対効果の高い大帯域幅、柔軟なオンデマンド、豊富なクラウド サービスなどの利点を通じて、クラウド ゲーム シナリオの体験（低遅延、高画質）、コスト、運用保守の改善を可能にします。また、クラウド ゲームの商業的な実現可能性と商業的な始動を支援するために、その他の主要な最適化が行われています。

エッジ コンピューティング ノードは、オンデマンドで作成でき、柔軟な拡張が可能で、十分な在庫レベルを備え、CPU、GPU、その他のインスタンス仕様の多様性をサポートし、モバイル ゲームやクライアント ゲームなどのさまざまなシナリオのニーズに対応できます。

エッジ コンピューティングは、マルチテナント インスタンスとネットワーク セキュリティの分離、高度な自動運用や保守機能、完全な監視やサービス システムを備えています。さらに、エッジ コンピューティングには、ロード バランシング、カスタム ミラーリング、ミラーリング ウォームアップなどの豊富な機能があり、クラウド ゲームの効率的な運用と保守を支援します。

エッジ コンピューティング アプリケーションでは、多数のデバイスが展開されるため、消費電力が重要な指標となります。ARM は常に、低消費電力、高いエネルギー効率比、テーラリングで知られています。

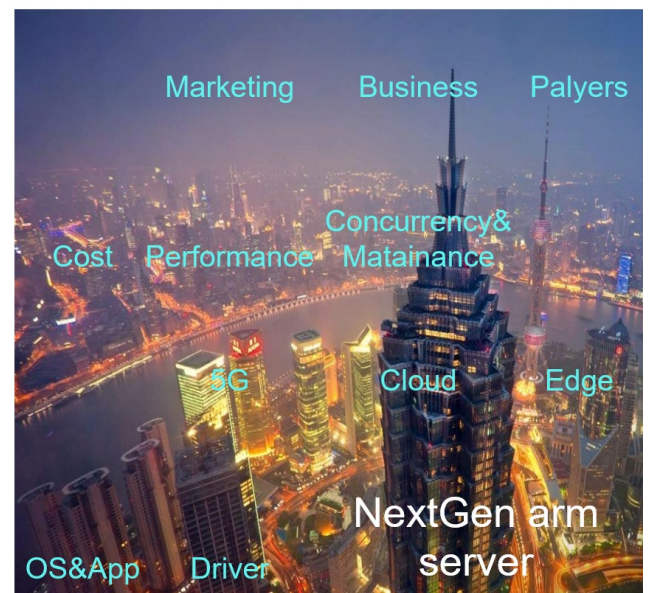
また、エッジ コンピューティング アプリケーションでは、多数のデバイスが展開されるため、消費電力が重要な指標となります。ARM は常に、低消費電力、高いエネルギー効率比、テーラリングで知られています。これらの利点は、エッジ コンピューティングに最適です。

エッジ コンピューティング ゲートウェイは、ARM アーキテクチャに基づくハイエンド プロセッサを採用しており、最適コスト、最適パフォーマンス、高コストパフォーマンスなど、さまざまな選択要件に適した製品があります。

ARM クラウド ゲームは、柔軟性、どこでも利用可能といった“クラウド”の基本機能を備えている必要があります。Android アプリケーションに最適化されたクラウド インフラをベースに、Android クラウド ゲームやVR/AR などの ARM アプリケーション サービスを提供します。

さらに、クラウド ゲームのリファレンス アーキテクチャ、一般的な技術要件、安全基準、クラウド ネットワークのリソース能力評価など、エッジ クラウドゲーミングのための基準が議論され、発表されようとしています。

また、高性能な次世代 ARM サーバー チップと ARM サーバー アーキテクチャの進化により、エッジ クラウドゲーミングは新たな領域に突入し、より多くのプレイヤーがこの領域に参加することになるでしょう。



## 参考

|     |                                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [1] | GCC-7007-2022 "Server Application Scenario Performance Test Method Arm Native Cloud Mobile Phone" |
| [2] | Cloud Gaming White Paper(Huawei)                                                                  |
| [3] | 5G Cloud Gaming Key Technology White Paper 2020                                                   |
| [4] | <a href="https://www.omg.org/cloud/deliverables/">https://www.omg.org/cloud/deliverables/</a>     |

## 著者

- Davy Zhang (Y-semi Computing)
- Chendong Li (Tencent)
- Tina Tsou (ARM)
- Ray Taylor (Genmotion)
- Ike Alisson (ALICON SE)
- Jim Xu (Zenlayer)

## コントリビューター

- Corey Ji (Y-semi Computing)
- Jack Chen (Y-semi Computing)
- Akraino TSC Meeting (Linux Foundation)

この文書は、以下の資料の参考翻訳です。

[Akraino White Paper - Edge Cloud Game based on Arm architecture high performance CPU](#)

翻訳協力：橋本修太