

Baidu インテリジェント・クラウド： 10Tbps レベルの帯域要求に対応する インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャー

インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーを使用して実装されたゲートウェイ・デバイスは数億エントリーの超大規模テーブルと数十ギガバイトのデータを格納する超大容量バッファーに対応

著者 概要

Baidu
シニアエンジニア
Zhaogeng Li

インテル コーポレーション
シニア・システム・エンジニア
Bert Klaps

インテル コーポレーション
テクニカル・スペシャリスト
Yi Lei

Baidu は、人工知能 (AI) やマシンラーニング (ML) を組み込んだインターネット関連のサービスと製品を専門とする中国の多国籍テクノロジー企業です。北京の海淀区に本社を置き、世界最大のプロバイダーとして、AI/ML、インターネット、クラウドのサービスを展開しています。

Baidu インテリジェント・クラウドは、ハイパフォーマンス・コンピューティング (HPC)、AI、ML、データ分析など、専門的なタスクを実行するアプリケーションの急速な普及に伴い、爆発的に増加するデータに対応するために絶えず進化を続けています。そのためになくはならないのが、低レイテンシーかつ極めて高いパフォーマンスで、データセンター全体にわたり膨大な量のデータを移動させる能力です。

多くのデータセンターがこのデータ転送を実現するために専用のネットワーク・ルーターを導入しています。環境によってデータセンターと外部との境界にゲートウェイ・デバイスが設置されることもあります。クラウド・データセンターとテナントのデータセンターを接続したり、クラウド・データセンターと仮想プライベート・クラウド (VPC) ネットワークを接続する場合も、また VPC ネットワークを相互に接続するために使用されることもあり、ゲートウェイ・デバイスの用途はさまざまです。

初期のゲートウェイ・デバイスは、専用の固定機能ハードウェア・デバイスを使用して実装されていました。しかし、こうしたデバイスには、急速に進化する通信プロトコルや規格への対応に十分な柔軟性が備わっているとは言えません。次世代のゲートウェイは非常に柔軟性の高い x86 サーバーのクラスターをベースにはしていますが、数百倍に増大した帯域要求を x86 サーバークラスターで満たすのは、だんだんと難しくなっています。

インテルはこの問題に対処するために、オープンソース・プログラミング言語の Programming Protocol-Independent Packet Processors (P4) を使用してプログラムできるインテル® Tofino™ インテリジェント・ファブリック・プロセッサ (IFP) をリリースしました。

インテル® Tofino™ IFP は、もともとデータセンター・スイッチとして機能するように設計されましたが、そのプログラマビリティにより、Baidu のようなお客様は、さらに高度な要件が求められるネットワーキング機能に使用できるようになりました。こうした新しい使い方には、インテル® Tofino™ IFP の機能で対応できるアプリケーションがある一方で、追加の機能やリソースが必要になる用途も出てきます。

解決策は、インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーを採用することです。このソリューションでは、インテル® Tofino™ IFP を FPGA で拡張して、テーブルとバッファの容量を 100 倍に増やすことができます。これにより、数億エントリーの超大規模なテーブルと数十ギガバイトのデータを格納する超大容量のバッファを備え、Baidu インテリジェント・クラウドの極めて厳しい要件を満たすことができます。

Baidu が選ばれる理由

- グローバル・インターネット・サービス、人工知能 (AI) テクノロジー、クラウドを展開する大手プロバイダー
- クラウド・ゲートウェイの幅広いユーザースペースに対応するプログラマビリティ、柔軟性、高いパフォーマンスを備えたユニバーサル・ネットワーク・プラットフォーム (UNP) を開発
- インテルとの共同エンジニアリングを通じ、FPGA を使用したインテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーのイノベーション技術により、UNP の機能を大幅に強化

インテルが選ばれる理由

- プログラマブル・スイッチ、FPGA、CPU のトップ・プロバイダー
- P4 デバイスによるエンドツーエンドのプログラマビリティを実現するパイオニア
- 検索や HQoS など最先端の IP を提供

Intel® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーが選ばれる理由

- 拡張性の高いテーブルとバッファが最大 10Tbps の帯域幅を実現
- すべて P4 でプログラム可能なシステムにより、進化し続ける要件に対応する柔軟性を提供
- Open-Standard System Architecture (OSSA) に基づくアーキテクチャーが移植性を確保

クラウド・コンピューティングとメモリー・アーキテクチャーの進化

今日の演算ワークロードは、かつてないほど大規模になり、ますます分散化、複雑化、多様化しています。5G、IoT、ハイパフォーマンス・コンピューティング (HPC)、AI、ML、データ分析などの専門的なタスクを実行するアプリケーションの急速な広がりとともに、データは急激に増加しています。その結果、このデータすべてを処理するための膨大な演算能力に加えて、データセンター内のデータへの低レイテンシーで広帯域なアクセスが必要になりました。また、膨大な量のデータを、低レイテンシーかつ極めて高いパフォーマンスでデータセンター内外へ送受信する方法も求められています。

こうした最新のアプリケーションとワークロードの演算ニーズに対処するために、進化を続けるデータセンターで採用されているのが、仮想化とコンテナ化という 2 つの技術です。仮想化とは、1 台の物理サーバーを複数の仮想マシン (VM) に分割し、各 VM はシステムの物理リソース (メモリー、ストレージ、ネットワーク) を共有しながら、それぞれのオペレーティング・システムとアプリケーションを実行する手法です。コンテナ化とは、アプリケーションをコンテナにカプセル化する手法で、機能性と移植性をフルに備えたクラウドまたは非クラウドのコンピューティング環境であり、アプリケーションに伴う関連ライブラリーとその他の依存性を含みます。

アプリケーションやワークロードが違えば、必要なリソースの組み合わせも当然異なり、例えば数千個の GPU が必要でありつつ、CPU とメモリーはあまり活用されない GPU 中心のタスクがある一方で、CPU や GPU の数に対して必要となるメモリーの容量が非常に大きく、必要なメモリーが準備できないため大量の CPU/GPU リソースがアイドル状態のままになっているタスクもあります。

こうした多様なニーズに応えるために、エンタープライズ・レベルのエンティティーで使用するものから、クラウド・サービス・プロバイダー (CSP) や通信サービス・プロバイダー (CoSP) が提供するものまで含めて、最新のハイパースケール・データセンターでは、ディスアグリゲーション (非集約) 型の構成が採用されるようになってきました。これは「リソースプーリング」と呼ばれる、シェルフには CPU、GPU、NPU、FPGA、メモリー、またはストレージのみを実装し、ラックにはこれらのシェルフをさまざまな組み合わせで格納してリソースを共用する仕組みです。

アプリケーションやワークロードごとに各タスクで求められる演算要件とメモリー要件を満たすため、ディスアグリゲーションにより、仮想化の概念を拡張して、リソースの組み合わせを自動で構成し、オンザフライで活用することが可能となります。アプリケーションが割り当てられたタスクを完了すると、リソースは解放され、それぞれのプールに戻された後は、次のアプリケーションに必要な比率に応じてプロビジョニングが可能になります。

クラウド・ネットワーク・アーキテクチャーとゲートウェイの進化

前述のとおり、データセンターは膨大な演算能力に加えて、データセンター内と外部との接続の両方で大量のデータを転送する必要があります。

この低レイテンシーかつ広帯域幅のデータ転送を実現するために、ゲートウェイと呼ばれる専用のネットワーク・ルーター (スイッチ) が使用されます。環境によって、データセンターと外部との境界にゲートウェイ・デバイスが設置されることもありますが、クラウド・データセンターとテナントのデータセンターを接続したり、クラウド・データセンターと仮想プライベート・クラウド (VPC) ネットワークを接続する場合も、また VPC ネットワークを相互に接続することもあるなど、ゲートウェイ・デバイスの用途はさまざまです。

初期のゲートウェイ・デバイスは、専用の固定機能ハードウェア・デバイスを使用して実装されていました。しかし、こうしたデバイスには急速に進化する通信プロトコルや規格に対応するための柔軟性が十分とは言えず、帯域幅の点でも制限がありました。

Intel の x86 CPU の処理能力とパフォーマンスの進化に伴い、次世代のゲートウェイは x86 サーバーのクラスターをベースにしてはいるものの、人工知能/ビッグデータ・アプリケーションの急速な普及によりデータ・トラフィックの量が劇的に増加した結果、数百倍に増大した帯域要求を x86 サーバークラスターで満たすのはますます難しくなってきました。

高まり続ける帯域幅とインフラストラクチャーの要件に応えようと、業界はハードウェアとソフトウェアの組み合わせを基本とするソリューションを採用し始めました。その代表例が、オープンソース・プログラミング言語の Programming Protocol-Independent Packet Processors (P4) を使用してプログラムできる Intel® Tofino™ IFP ベースのゲートウェイです。

P4 は、ルーターやスイッチなどのネットワーク・デバイスでパケット転送プレーンを制御するために作られています。C や Python といった汎用言語とは対照的に、P4 はネットワーク・データ転送に最適化された多数の構造を持つドメインに特化した言語です。P4 はオープンソースのライセンス許諾コードとして配布され、Open Networking Foundation がホストする非営利団体 P4 Language Consortium によって管理されています。

Intel® Tofino™ IFP と P4 プログラミング言語を組み合わせることで、このテクノロジーに基づくゲートウェイでは、プログラムにより最適化された消費電力、リアルタイムのインバンド・ネットワーク・テレメトリー (INT)、エッジからクラウドまですべての領域にわたるワークロードの高度な輻輳制御を通じた、インテリジェンス、パフォーマンス、可視性、制御が可能となります。Intel® Tofino™ IFP はさらに、AI の普及に対応するために、インテリジェントなパケット処理を提供して、マシンラーニング・ワークロードを高速化します。

Intel® Tofino™ IFP ベースのゲートウェイの例として、Intel® Tofino™ IFP 自体に加えて、1 つ以上の x86 CPU を含み、各 CPU に標準 NIC を接続する構成が挙げられます (図 1a)。CPU は、Peripheral Component Interconnect Express (PCI Express または PCIe) インターフェイスを介して相互接続され、また標準ネットワーク・インターフェイス・カード (NIC) にも接続されます。NIC は 100 ギガビット / 秒 (Gbps) イーサネット接続で Intel® Tofino™ IFP に接続されます。

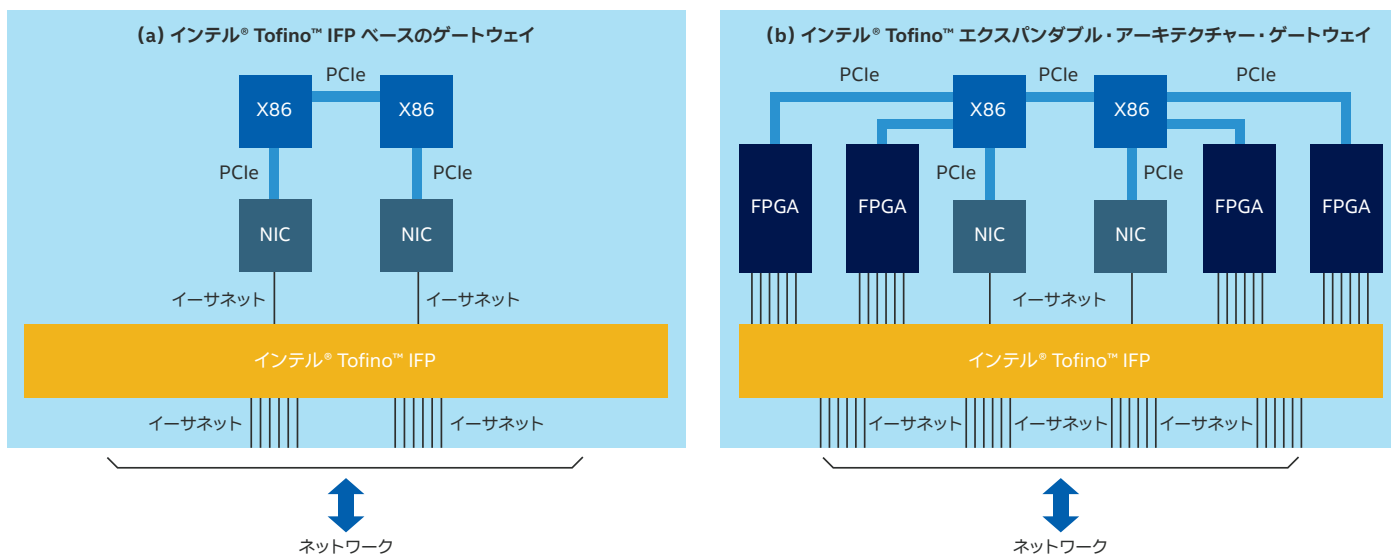


図 1. インテル® Tofino™ IFP ベースのゲートウェイ (左) とインテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャー・ゲートウェイ (右)

この例では、CPU は標準 NIC を介してネットワークと通信するのではなく(ネットワークとの通信はインテル® Tofino™ IFP の役割)、代わりにレガシードライバーとアプリケーション・プログラミング・インターフェイス (API) をサポートするトランスレーターとして NIC は使用されます。これにより、コントロール・パスを CPU に保持したまま、データパスをインテル® Tofino™ IFP に移行できるため、設計の変更を最小限に抑えて、既存の x86 サーバークラスターから設計を簡単に移植できます。

インテル® Tofino™ IFP は、もともとデータセンター・スイッチとして機能するように設計されており、こういった用途に十分すぎるほどの機能を備えている点に注目することが重要です。ただし、そのプログラマビリティがあるからこそ、インテル® Tofino™ IFP はより高度で要求の厳しいネットワーク機能に使用されるようになりました。こうした新しい使い方には、インテル® Tofino™ IFP の機能で対応できるアプリケーションがある一方で、追加の機能やリソースが必要になる用途も出てきます。

問題なのは、最近のネットワーク・トラフィックでは需要がすぐに数テラビット / 秒 (Tbps) に達する可能性があるということです。最新のハイパースケール・データセンターの規模と拡大によって、設備投資 (ハード

ウェアの調達コスト) にも OPEX (メンテナンス、管理、トラブルシューティング) にも多大なコストがかかるようになり、(サーバークラスターにサーバをさらに追加したり、インテル® Tofino™ IFP ベースのゲートウェイを追加してもなお) 水平方向のスケールリングを維持できなくなっています。

インテル® Tofino™ IFP ベースのゲートウェイに関する技術的な課題の 1 つは、仮想拡張 LAN (VxLAN) ルーティング・テーブル (約 100 万エントリ) と VM ノード・コントローラー (VM-NC) マッピングテーブル (約 100 万エントリ) を格納するオンチップメモリの総容量に限りがあるにもかかわらず、ステートフル・テーブルや、内部ネットワークからインターネットへのトラフィックの通過を可能にするソース・ネットワーク・アドレス変換 (SNAT) テーブルなどの超大規模なテーブルに格納されるエントリは、すぐに 1 億を超える可能性があるということです。

この解決策は、インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーを採用することです。このソリューションでは、インテル® Tofino™ IFP を FPGA で拡張して (図 1b)、テーブルとバッファの容量を 100 倍に増やすことができます。これにより、数億エントリの超大規模なテーブルと数十ギガバイトのデータを格納する超大容量なバッファをサポートできるようになります (図 2)。

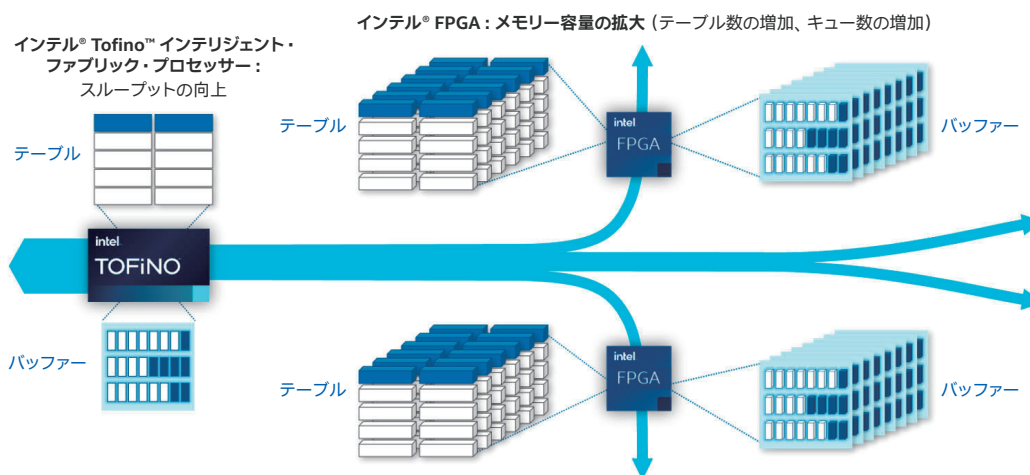


図 2. インテル® Tofino™ スイッチを FPGA で補完することで、テーブルとバッファの容量を 100 倍に拡大

インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーを活用するBaidu インテリジェント・クラウド

Baidu は、インターネット関連のサービスと製品、クラウド、AI を専門とする中国の多国籍テクノロジー企業です。北京の海淀区に本社を置き、最大手のプロバイダーとしてAI、インターネット、クラウドを世界中に展開しています。

Baidu インテリジェント・クラウドは、HPC、AI、ML、データ分析など、専門的なタスクを実行するアプリケーションの急速な普及に伴い、爆発的に増加するデータに対応するために絶えず進化を続けています。Baidu はこの進化の一環として、これまでx86サーバー、インテル® Tofino™ IFP をゲートウェイとして採用してきました。そして現在、インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーへと拡張しています。

インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーの導入前

インテル® Tofino™ IFP が利用可能になるまで、Baidu ではゲートウェイとしてx86サーバークラスターのみを使用していましたが、インテル® Tofino™ IFP の登場により、ゲートウェイとしてインテル® Tofino™ IFP も使用するようになりました。この2種類を併用する理由は、x86サーバークラスターは非常に優れた柔軟性と適度なパフォーマンスを、インテル® Tofino™ IFP は非常に優れたパフォーマンスと適度な柔軟性を備えているためです。

比較的シンプルなゲートウェイならば、インテル® Tofino™ IFP で最適なパフォーマンスと総保有コスト (TCO) を実現できます。Baidu の主なユースケースは、インテル® Tofino™ IFP を仮想ルーターとして使用することです。仮想ルーターは、さまざまな仮想プライベート・クラウド (VPC) と1つのVPC内にある複数のサブネットを接続することにより、クラウドで重要な役割を果たします。

仮想ルーターは、パケットを転送するルーティング・ルールのほか、パケットのフィルタリングに適用するACLルール、レート制限するメタリング・ルール、アドレス変換のNATルールも持っています。これらのルールはすべて、インテル® Tofino™ IFP のSRAMとTCAMに格納されます。パイプライン・フォールディングを導入することで、安定した低レイテンシー (約2μs) で1Tbpsの仮想ルーターとしてインテル® Tofino™ IFP (64Q) を使用できるようになります (フォールディングされたパイプライン間でパケットによりメタデータも伝送されるため、理論上の1.6Tbpsよりも実際は1Tbpsと低くなる点に注意してください)。

インテル® Tofino™ IFP ベースのゲートウェイは、多くのクラウド導入環境の要件を満たします。例えば、インテル® Tofino™ IFP で実装された仮想ルーターは、3万件の多次元ルーティング・ルールをサポートできますが (Baidu のユースケースで実証済み)、これでも超大規模テナントのユースケースで超大規模リージョンに関連する極めて厳しい要件には対応できない場合も考えられます。同様に、ステートのサイズやステート情報の更新頻度により、インテル® Tofino™ IFP が複雑なステートフル・ゲートウェイでの使用には適さないかもしれません。

こうした制限を考慮して、クラウド・ゲートウェイにはx86サーバーが今でも広く採用されています。サーバー・ロード・バランシング (SLB) を例にとってみましょう。SLBの主な機能は、仮想サーバーに対する要求を物理サーバーにディスパッチすることです。期待する統計データを収集して、あるクライアントから受ける1つ以上の関連する要求の全パケットを同じ物理サーバーに送信する一貫したディスパッチを実行するために、SLB デバイスはセッション情報を保持します。通常1つのSLB デバイスに数千万、さらには数億のセッションが存在しますが、このデータはインテル® Tofino™ IFP には格納できません。(パイプライン・

フォールディングを有効にして) 1つのインテル® Tofino™ IFP で4つのパイプラインをすべて使用すれば、20万のセッションを保存できません (Baidu のユースケースで実証済み)。これで十分とも言えますが、ハイパースケール・データセンターの極めて厳しい要件を満たすには不十分な場合があり、例えばBaidu インテリジェント・クラウドでSLBの要求を満たすには、インテル® Tofino™ IFP ではなく、x86サーバーが必要です。

強力なデータプレーン開発キット (DPDK) とマルチコアCPUを組み合わせれば、x86サーバーでのパフォーマンスが大幅に向上しますが、残念ながら最新のクラウド・アーキテクチャーであっても、これらのソフトウェア・ゲートウェイは次のような大きな課題に直面しています。

- 1) パフォーマンスの課題 : Baidu のソフトウェア・ゲートウェイの平均レイテンシーは通常 30 ~ 100 μs、ロングテール・レイテンシーは 1ms になることもあります。この不安定なレイテンシーの主な原因は、CPUに関連する予測不可能なキャッシュアクセスとメモリアクセスです。一方、同じフロー内のパケットは特定の単一コアに割り当てアウトオブオーダー処理を回避する必要があるため、シングルコアがその関連するフローでのスループット・ボトルネックになってしまいます。このすべてが、1つのフローに対しソフトウェア・ゲートウェイが処理できるスループットは最大でも 10 ~ 15Gbps であることを意味し、その結果、同じコアの共有による犠牲として、エレファント・フローと呼ばれる (総バイト数の観点で) 非常に大きな連続フローで深刻なパケットドロップが発生し、(総バイト数の観点で) 短いマウスフローにも影響する可能性が避けられないということです。
- 2) TCO の課題 : Baidu インテリジェント・クラウドでは、ゲートウェイの種類に応じて、通常約 100 ~ 400Gbps のトラフィックをx86サーバーが処理します。Baidu インテリジェント・クラウドの総帯域幅要件は、このホワイトペーパーの執筆時点で約 10Tbps であるため、1つのサイトに1つのクラスターを実装するだけでも数百台のx86サーバーが必要です。Baidu はこのようなクラスターを数十から数百個必要としており、膨大なTCO負担が生じます。

インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーは、大量の要件を伴うクラウド・ゲートウェイに最適なソリューションを提供します。インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーの基盤となるFPGAは、(スイッチASICのような) 優れたパフォーマンスと (x86 CPU サーバーのような) 優れた柔軟性の両方を同時に実現できる、重要なブログラムブル・コンポーネントです。そのため、現在Baiduは、ユニバーサル・ネットワーク・プラットフォーム (UNP) と呼ばれる次世代クラウド・ゲートウェイ・プラットフォームとして、インテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーを採用しています。

現在の実装構成

Baidu は現在、図3に示すインテル® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャー実装を使用してSLBを高速化しています。パケットはネットワークからスイッチに送信されると、4つのFPGAのいずれかにディスパッチされ、セッション情報がFPGAのキャッシュにある場合はパケットが適宜変更され、インテル® Tofino™ IFP を介してネットワークに返送されます。関連するセッション情報がFPGAに格納されていない場合は、このパケットはインテル® Tofino™ IFP とNICを介してx86 CPU に送信されます。x86 CPU は通常のソフトウェアSLBと同様にパケットを処理して、対応するセッション情報を作成し、その後パケットは再びNICとインテル® Tofino™ IFP を介してネットワークに返送され、セッション情報はPCIeを介して特定のFPGAに記録され、この情報は後続のパケットのために参照が可能になります。

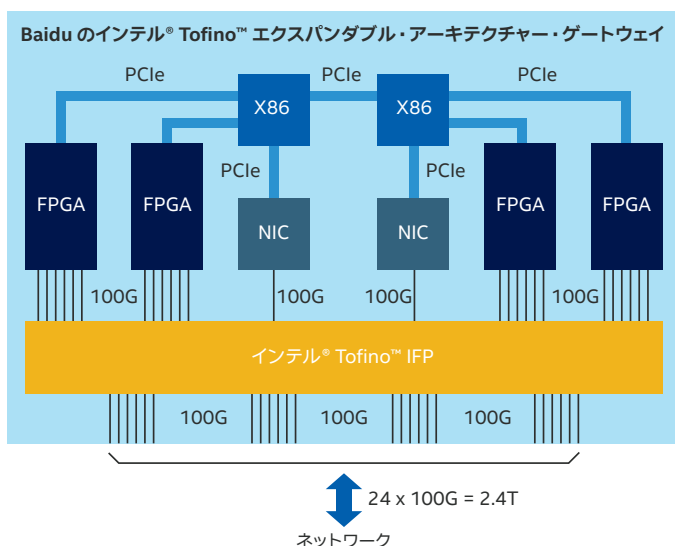


図3. BaiduのIntel® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャー・ゲートウェイ

このBaiduのユースケースでは、各FPGAは6つの100Gbpsイーサネット・リンクでIntel® Tofino™ IFPに接続されており、少なくとも300メガパケット/秒(Mpps)の処理能力によってデバイス全体で2.4Tbpsのトラフィック処理を可能にします。各FPGAはさらに、(FPGAに関連付けられたメモリーサイズに応じて)少なくとも2,500万セッションに対応できるため、デバイス全体で1億以上のセッションをサポートします。また、(フローの最初のパケットを除いて)ほとんどのパケットの処理レイテンシーを約3μsに抑えることができます。これはソフトウェアSLB実装よりも大幅に低いレイテンシーです。

この新しいSLBプラットフォームにより、パフォーマンスとTCOの両方の問題が解決されます。第1に、どのフローも犠牲にすることなく、スループット100Gbpsのエレファント・フローをサポートできます。これは、ネットワーク・ファイル・システムやオブジェクト・ストレージなどのBaiduクラウドサービスのロード・バランシングにとって非常に重要です。第2に、10TbpsのSLBクラスターを構築するために必要なIntel® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャー・デバイスはわずか10台であり、ソフトウェア・ソリューションと比べてTCOが少なくとも50%削減されます。

今後の活用

前述のとおり、Intel® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーはゲートウェイの新しいプラットフォームとして期待されており、現在も

進化を続けています。Baiduは、その他のゲートウェイ・ユースケースにもこのようなプラットフォームの導入を計画しています。その一例が、大規模なユースケースに対応する開発中の仮想ルーターです。FPGAによってリソースを簡単に拡張できるため、ルーターは数百万件のルーティング/ACL/NAT/メータリング・ルールを適用できます。クラウド・ファイアウォール(ステートフルとステートレス)や侵入検知システム(IDS)などのセキュリティー・ユースケースが次のステップになると考えられます。

まとめ

Intel® Tofino™ IFPが利用可能になるまで、Baiduではゲートウェイとしてx86サーバークラスターを使用していました。Intel® Tofino™ IFPの登場により、ゲートウェイとしてIntel® Tofino™ IFPも使用するようになりました。x86サーバークラスターは非常に優れた柔軟性と適度なパフォーマンスを、Intel® Tofino™ IFPは非常に優れたパフォーマンスと適度な柔軟性を備えています。

Intel® Tofino™ IFPは、もともとデータセンター・スイッチとして機能するように設計されましたが、そのプログラマビリティにより、Baiduのようなお客様は、さらに高度な要件が求められるネットワークングなどのアプリケーションに使用するようになりました。こうした新しい使い方には、Intel® Tofino™ IFPの機能で対応できるアプリケーションがある一方で、追加の機能やリソースが必要になる用途も出てきます。

低レイテンシーかつ極めて高いパフォーマンスで、膨大な量のデータを移動させるという進化し続けるニーズに対応するために、BaiduはIntel® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーをベースとするゲートウェイ・デバイスへの移行を進めています。これは、Intel® Tofino™ IFPをFPGAで拡張して、テーブルとバッファの容量を100倍に増やすことを意味します。その結果、数億エントリーの超大規模なテーブルと数十ギガバイトのデータを格納する超大容量のバッファを備え、Baiduインテリジェント・クラウドの極めて厳しい要件を満たすことができます。

その他のリソース

Intel® Tofino™ エクスパンダブル・アーキテクチャーに関するホワイトペーパー

<https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/architecture-and-technology/intelligent-fabric/overview.html>



性能やベンチマーク結果の詳細については、<http://www.intel.com/benchmarks/>(英語)を参照してください。

テストでは、特定システムでの特定テストにおけるコンポーネントのパフォーマンスを測定しています。ハードウェア、ソフトウェア、システム構成などの違いにより、性能は掲載された性能テストや評価とは異なる場合があります。

購入を検討される場合は、ほかの情報も参考にして、パフォーマンスを総合的に評価することをお勧めします。

Intelのテクノロジーを使用するには、対応したハードウェア、ソフトウェア、またはサービスの有効化が必要となる場合があります。

絶対的なセキュリティーを提供できる製品またはコンポーネントはありません。

実際のコストや結果は異なる場合があります。

Intel、インテル、Intelロゴ、その他のIntelの名称やロゴは、Intel Corporationまたはその子会社の商標です。

その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

©2022 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

WP-01322-1.0/JP