



要約

初期の頃のインターネットはベストエフォート型の IP ネットワークであり、サービス品質は絶対的な条件ではなく、可能な限り維持されていました。インターネットは現在、企業と消費者にとって必要不可欠な存在ですが、トラフィックはいまだにベストエフォートのまま伝送されています。5G ネットワークと 5G サービスが登場したことで、信頼性の高いユーザー体感品質 (QoE) とサービス品質 (QoS) が IP ネットワークに欠かせない要素となっています。サービス・プロバイダーは、トラフィックの増加と多種多様なデバイスやサービスへの対応、QoS が保証される高可用性の提供に加え、CapEx (設備投資的支出) と OpEx (運用コスト) を削減する収益性の高いビジネスモデルを実現する、次世代 IP ネットワークをどのような方法で構築できるでしょうか。次世代 IP ネットワークに必要な要素は、次のとおりです。

- ソフトウェア制御と自動化
- 分析とインテリジェンス
- プログラマブルなインフラストラクチャー

Ciena の Adaptive IP は、既存サービスと新しいサービスへの QoS の提供と同時に、ネットワーク・トポロジーの最適化や容量の最小化といった要件に対応するためにトラフィック・エンジニアリングを実施する、次世代ネットワーク・アーキテクチャーの具体例です。Adaptive IP は、ネットワーク OpEx の削減に必要な以下の自動化も提供します。

- エンジニアリングとプランニング
- サービス・フルフィルメント
- サービス保証

Adaptive IP は、ネットワーク・トラフィック・エンジニアリングの最適化、厳格な QoS の実装、ネットワーク運用のインテリジェントな自動化によって、ネットワークのトータルコスト (TCO) を削減しながら、新しいサービスに対応する次世代ネットワークを提供します。ACG は、23%の CapEx 削減、32%の OpEx 削減、26%の TCO 削減を示す TCO モデルを構築しました。Adaptive IP は、ネットワーク・サービス事業者が収益を伸ばして競争力を高めることができる、新サービスの迅速な展開を可能にするアジャイル・ネットワークを提供します。サービス・プロバイダーは Adaptive IP を使用して、TCO の削減、サービス提供の迅速化、収益の向上を実現しながら、アクセスからメトロまでの次世代ネットワークを構築することができます。

レポートの焦点

- 次世代 IP ネットワークには高い拡張性、厳格な QoS への対応、高いレベルの可用性が必要
- Adaptive IP ソリューションは、次世代 IP ネットワークの要件を満たす自動化と最適化を提供すると同時に、TCO を削減
- Adaptive IP は CapEx を最大 23% 削減
- Adaptive IP は OpEx を最大 32% 削減
- Adaptive IP は TCC を最大 26%削減

目次

新しい IP ネットワークの要件	3
レガシー IP ネットワークの課題	3
Adaptive IP	4
TCO モデルと想定値	6
TCO の結果	8
迅速なサービス・デリバリーと新しい収益機会	10
まとめ	11

新しい IP ネットワークの要件

アクセスからメトロまでの IP ネットワークの需要、拡張性、パフォーマンスの要件が急速に拡大しています。これらの要件は、次の主要な 3 つの業界トレンドによって拡大しています。

- 新しいサービスとアプリケーションに必要なデバイスの台数と種類の多さ、トラフィックの増加、厳格なパフォーマンス要件
- 仮想無線アクセス・ネットワーク (vRAN) とオープン RAN (O-RAN) アーキテクチャーの出現と 5G の高密度化
- エッジ・コンピューティングの登場

IP トラフィックとネットワーク容量は急速に増え続けており、5G サービスの展開によってその傾向は今後さらに加速します。IP デバイスの台数と種類も大幅に増加しています。多種多様なデバイスの例として、スマートフォン、テレビ、IoT デバイス、AR/VR ヘッドセット、ロボット、ドローン、コネクテッドカー、その他のデバイスがあります。新しいデバイスの種類は、さまざまなパフォーマンス要件を持つ新しいサービスとも関連性があります。アプリケーションは、超低遅延が必要なもの（例：コネクテッドカー）、持続的な広帯域を必要とするもの（例：AR-VR）、ベストエフォート型のパフォーマンスで十分なものなど、多岐にわたります。その結果、QoS、QoE、顧客の SLA（サービス・レベル・アグリーメント）の重要性はますます高まります。ベストエフォート型のインターネット・サービスの時代は終わりました。

仮想 RAN やオープン RAN が登場し、5G が高密度化していることは、主要なネットワーク・アーキテクチャーが変化することも意味しています。vRAN と O-RAN のネットワークではベースバンド装置の集中化または分散化が可能であり、これによりフロントホール、ミッドホール、バックホールの要件が拡大します。vRAN と O-RAN に加えて、5G の高密度化ニーズもあります。これが意味することは、より多くの基地局が構築されるということです。高密度化のニーズと 5G フロントホール、ミッドホール、バックホールの要件が相まって、IP ネットワークでは解決が難しい一連の要件が新たに生じています。

IP 要件が高まっているもう 1 つの要因は、エッジ・コンピューティングの登場です。ネットワーク事業者と企業は、以下のような目的でエッジ・コンピューティング・ノードの導入を開始しています。

- ネットワーク・レイテンシーの短縮によるアプリケーション・パフォーマンスの向上
- アグリゲーション・ネットワークとコア・ネットワークにおけるトラフィック負荷の軽減
- セキュリティの向上

エッジ・コンピューティングを導入した結果として、ネットワークのトラフィック・パターンが変化します。レガシー・ネットワークでは、ほぼすべてのネットワーク・トラフィックが地域のデータセンターにバックホールされ、そこでブロードバンド・ネットワーク・ゲートウェイまたはモバイル・パケットコア・ノードによってトラフィックが処理されます。エッジ・コンピューティングが登場し、コントロール・プレーンとユーザー・プレーンが分離したアーキテクチャーが生まれたことで、トラフィック・パターンが極めて予測不可能になっています。一部のトラフィックはエッジ・ノードで終端される一方、ネットワーク内部まで転送されるトラフィックもあります。トラフィック・パターンが予測不可能になっているため、既存のネットワーク・プランニング・ルールが変更され、リアルタイム・トラフィック・エンジニアリングや、セグメント・ルーティングといった最新のルーティング技術の必要性が高まっています。

レガシー IP ネットワークの課題

レガシー IP ネットワークは、ベストエフォート型のインターネット・トラフィックを想定して設計されました。何年にもわたり、ルーターはトラフィック・エンジニアリングと QoS に対応していましたが、これらの技術はアプリケーションとサービスに必要とされなかったため、広く実装されることはありません

せんでした。5G サービスが展開されるのに伴い、QoS、QoE、SLA は IP ネットワークの設計と運用でますます重要な成功要因になるはずでず。その結果、ネットワーク設計と運用を再設計する必要が生じます。

予測不可能なトラフィック・パターンに起因して、従来型の IP CLI やスクリプトを使用してネットワーク・プランニング・ルールを定期的に変更する必要があるネットワークは、管理面で大きな課題に直面します。これらのツールは、リアルタイム・ネットワーク・トラフィック・エンジニアリング用に設計されていません。CLI とスクリプトは実装が複雑であり、エラーも発生しやすいため、適切に設定しない限り潜在的なネットワークの停止が起こります。次世代 IP ネットワークには、より優れたアプローチが必要であることは明らかです。

ADAPTIVE IP

Adaptive IP は、既存のネットワークと 5G のような将来のネットワークがもたらす要件と課題を解決するように設計されており、拡張性、可用性、厳格な QoS を提供すると同時に、ネットワークの CapEx と OpEx を削減します。Adaptive IP は、ディスアグリゲーション型のプログラマブルなインフラストラクチャー、分析、インテリジェンス、ソフトウェア制御、自動化を組み合わせ、トランスポートの最適化と、ネットワークの設計および運用の自動化を実現します（図 1 参照）。

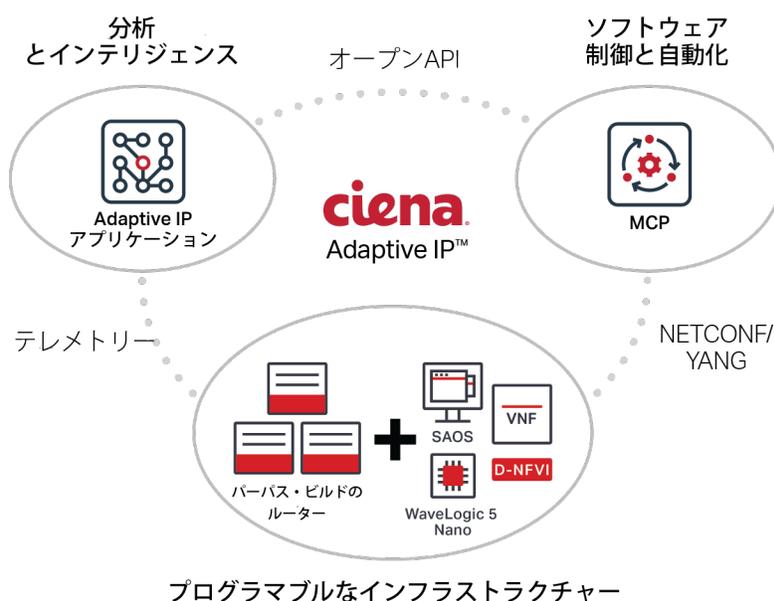


図1. Ciena Adaptive IP

5G ネットワークの課題を解決する Adaptive IP の主な機能は次のとおりです。

- **自動化**：設定エラーの削減、障害解決の向上、サービス提供の迅速化により、収益化までの時間を短縮
- **セグメント・ルーティングと高度な QoS**：コントロール・プレーンとフォワーディング・プレーンの分離により、新世代の IP サービス提供に必要なより優れたトラフィック・エンジニアリング、リンク最適化、QoS を実現
- **分析とインテリジェンス**：ネットワーク可用性の向上、既存資産の使用率の向上、ネットワーク・エンジニアリング/運用コストの削減

Adaptive IP は、ハードスライシングとソフトスライシングの組み合わせを使用して、IP ネットワークで QoS、QoS、SLA を提供します。

- ソフトスライシングは、SDN、セグメント・ルーティング、高度な QoS キューイングの技術を使用して、QoS が適用された仮想リンクを提供します。
- ハードスライシングは、FlexEthernet によって提供される技術であり、特定の packets ベースのトラフィックに TDM チャネルを使用して、特定のアプリケーションとサービスの QoS とレイテンシーのレベルを向上させます。

これらの技術は、ドローン、ロボット、コネクテッドカーなどの遅延が許されないアプリケーションに極めて重要であり、5G ネットワークの導入に伴って成長すると予想されています。

Adaptive IP アプリケーション・ソフトウェアはトラフィック・エンジニアリングを実行することで、厳格な QoS と SLA を維持すると同時に、ネットワークの使用率を最大限に向上させます。制約に基づく経路計算エンジン、セグメント・ルーティング、高度な QoS とともに、リアルタイム・ストリーミング・データを使用して、重要なアプリケーションに QoS を提供すると同時に、ネットワーク上のトラフィック負荷を最適化します。その結果としてもたらされるリンク最適化により、特定のアプリケーションのレイテンシーとジッターの要件を確実に満たしながら、より高い使用率でリンクを稼働することができます。リンク最適化によってネットワークで必要なトランスポート接続、光装置、およびルーター容量が減少します。これにより、より高い品質のサービスを提供しながら、CapEx と OpEx の両方を削減できます。Adaptive IP は、インテリジェントなクロズド・ループ自動化を使用します。これは、リアルタイム・ストリーミング・データを使用して継続的な最適化と自己修復を実現することで、無駄な容量をなくして、新規および既存のネットワーク資産の利益率を最大化します。

Adaptive IP による自動化、分析、インテリジェンスは、ネットワークのパフォーマンス、信頼性、および可用性を向上させると同時に、OpEx 削減という大きなメリットを提供します。エンジニアリングとプランニング、サービス・フルフィルメント、サービス保証の機能において、具体的な OpEx のメリットがあります（表 1 参照）。

	PMO	Adaptive IP	メリット
エンジニアリングとプランニング	ネットワークのシミュレーションの難易度が高く、what if 分析を実行。 更新されていない誤りのある情報を手動操作で使用し、ネットワーク・プランニングを実行。	ネットワーク・シミュレーションと最適化にリアルタイム・データを使用。 ネットワーク・プランニング用の What if 分析。 インテリジェントなクロズド・ループのトラフィック・エンジニアリングとリンク最適化。 ネットワークの可用性と回復性の分析。	最大 70% の OpEx 削減。
サービス・フルフィルメント	ネットワーク構成とプロビジョニングをエラーが発生しやすい複雑な手動操作によって実行。CLI、スクリプト、大がかりなテストを用いる必要がある。	ネットワーク・プロビジョニングと構成の自動化。 すべての計画をインテリジェントかつ自動的に実施。 スクリプトや手動操作は不要。	最大 35% の OpEx 削減。

	この作業には人材不足が進んでいる技術者の高度な専門知識が必要。	使いやすいインターフェイス。 技術的専門知識のレベルを緩和。	
サービス保証	複雑なルーティング問題の分離が困難。 問題が発生する前にネットワークを予防的に修理することは不可能。 顧客、サービスまたはアプリケーションを可視化できない。 VPN のモニタリングとトラブルシューティングが大きな課題。 さまざまなベンダーにわたる問題を関連付けることが困難であり、原因分析を利用できない。	ネットワーク全体のルーティング・イベントとトラフィック・フローをリアルタイムで可視化。 カスタマイズされたアラート。 デジタル・ビデオ・レコーダーのような再生機能とフォレンジック分析。 障害診断と修理の自動化。 問題が発生する前に予防的に修理して問題を解決。	最大 70% の OpEx 削減。

表1. エンジニアリングとプランニング、サービス・フルフィルメント、サービス保証のメリット

ネットワークの TCO の削減に加え、Adaptive IP は新しいサービスを収益化するまでの時間も短縮します。データ駆動型のネットワーク・インテリジェンスと自動化により、新しいネットワーク・サービスの導入にかかる時間を数か月から数日または数週間に短縮します。サービス提供速度を向上させることで、サービス・プロバイダーはより短時間で収益を創出して、サービスが失敗した場合に早めに対応することができます。これらの機能によって全体的な収益が向上し、サービス・プロバイダーは他のネットワーク事業者と比べてより高い競争力を獲得できます。

TCO モデルと想定値

ACG Research は、TCO モデルである Business Analytics Engine (BAE)¹を開発しました。これは、ネットワーク、データセンター、クラウド、および Network Function Virtualization (NFV) の経済性をシミュレーションする次世代プラットフォームです。このプラットフォームを使用して、Adaptive IP を導入するネットワークと導入しないネットワークを比較しています。このネットワークのモデルは、大手サービス・プロバイダーのネットワークと同等のものです。BAE モデルは、特定のサービス・プロバイダーのネットワークにも適応可能です。図 2 に、Adaptive IP の TCO モデルの概要を示しています。

¹<https://www.acgcc.com/p/bae-software/>

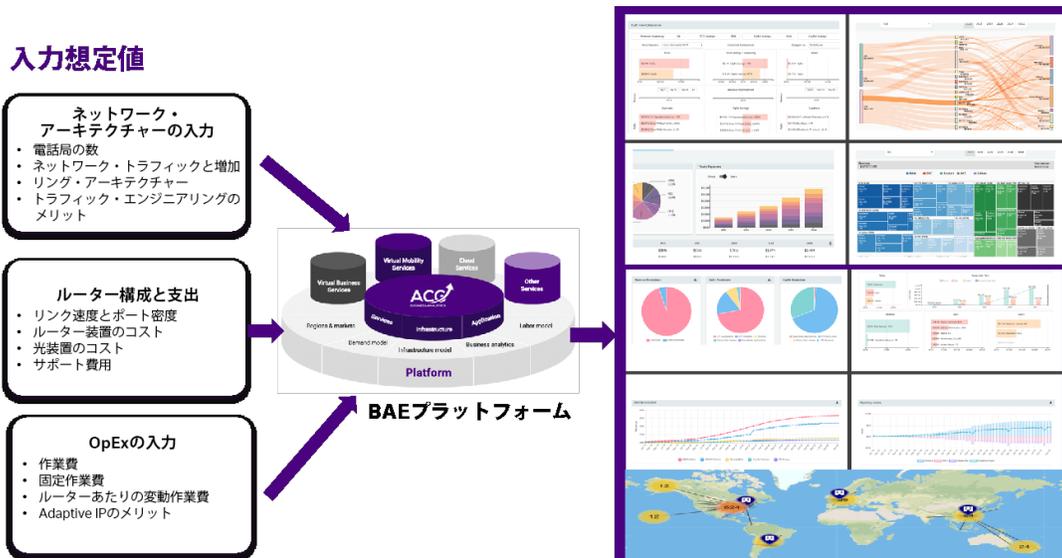


図2. Adaptive IP の TCO モデル

このモデルで使用される入力データは、3つのカテゴリーに分類されます。

- ネットワーク・アーキテクチャーとトラフィックの入力
- ルーター構成の支出
- OpEx の入力

これらの各カテゴリーの入力想定値を使用する BAE プラットフォームは、CapEx と OpEx の増加について 5 年間のシミュレーションを実行しました。このモデルでは、次の 2 つのシナリオを比較しました。

1. Adaptive IP を使用するネットワーク変革ソリューション
2. レガシー・アプローチに基づくネットワーク拡張

これらの 2 つのシナリオを図 3 に示します。ここで、レガシー・ネットワークとは、標準的な CLI とスクリプトを使用してルーターを運用および管理し、ほとんど自動化されておらず、トラフィック・エンジニアリングはまったく実施しないネットワークを想定しています。Adaptive IP ネットワークは、ネットワーク運用の自動化とトラフィック・エンジニアリングの実行のために、Ciena のルーターと Adaptive IP アプリケーションおよび MCP ソフトウェアを組み合わせ使用します。

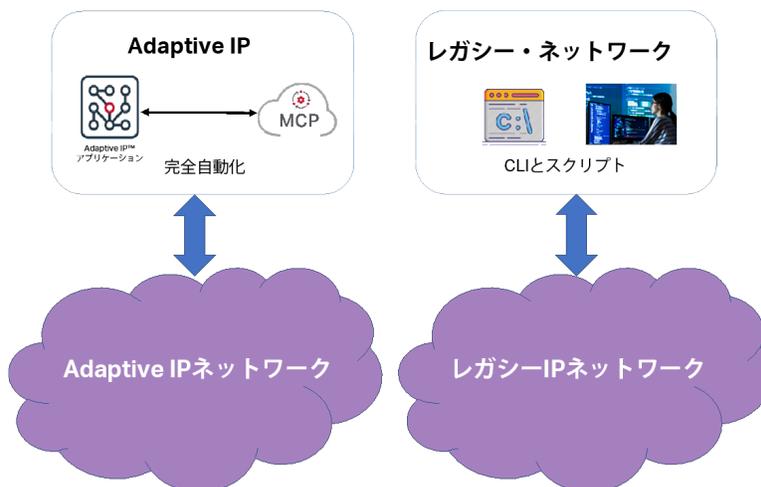


図3. Ciena IP ネットワーク構成

図 4 に、ネットワーク・アーキテクチャーの比較を示しています。ここでは、アクセス・リング、プリアグリゲーション・リング、およびアグリゲーション・ノードから構成されるネットワークを想定しています。アクセス・リングは 10GE であり、4G と 5G のベースステーションをサポートするように設計されています。5G トラフィックの増加により、10GE アクセス・リングのニーズが高まっています。アクセス・リングは、アグリゲーション・ノードに接続している 25GE プリアグリゲーション・リングに接続しています。アグリゲーション・リンクは 100GE です。冗長プリアグリゲーション・ノードと冗長アグリゲーション・ノードを想定しています。冗長ノードは、リンクまたはノードの障害時にすべてのトラフィックをサポートするように設計されています。比較のために両方のシナリオに同じネットワーク・アーキテクチャーを採用しました。レガシー・ルーターのコストに割引は適用しませんでした（レガシー・ルーターと Adaptive IP ルーターのコストは同じです）。すべての経済的メリットは、Ciena Adaptive IP ソリューション・インフラストラクチャーと運用の最適化から直接得られたものです。

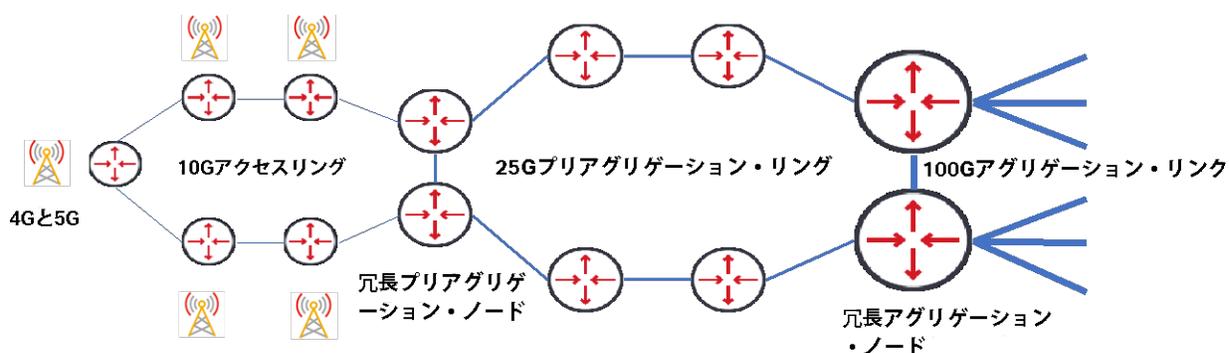


図4. ネットワーク・アーキテクチャーの比較

TCO モデルには、詳細な想定値が数多くあります。ネットワーク規模とトラフィック増加の主要な想定値を表 2 に示しています。

電話局と基地局の数	2021	2025
基地局	20,000	26,000
プリアグリゲーションの電話局	2,000	2,600
アグリゲーションの電話局	250	250

Table 2. 主要な想定値

このモデルで使用されているもう 1 つの重要な想定値が、基地局あたりの平均トラフィックです。このトラフィックは、5G、大規模な Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)、ミリ波の技術がモバイル・ネットワークに導入されるのに伴い、今後 5 年間で大幅に増加すると予想されています。このモデルで使用されるトラフィックの想定値を表 3 に示しています。

需要	2021	2025	CAGR
アクセスノードあたりの平均トラフィック	200Mbps	2Gbps	58.5%

Table 3. 需要の想定値

TCO の結果

表 4 と図 5 に、TCO モデルの主要な結果を示しています。また、Adaptive IP による 5 年間の CapEx、OpEx、TCO の削減を表 4 にまとめました。図 5 では、Adaptive IP を使用しない基本シナリオの 5 年間の OpEx と

CapEx を示し、Adaptive IP を使用するシナリオと比較しています。図の中央にある部分は、削減の合計額を示します。

支出の種類	Adaptive IP による削減
CapEx	23%
OpEx	32%
TCO	26%

Table 4. Adaptive IP による 5 年間の CapEx、OpEx、TCO の削減

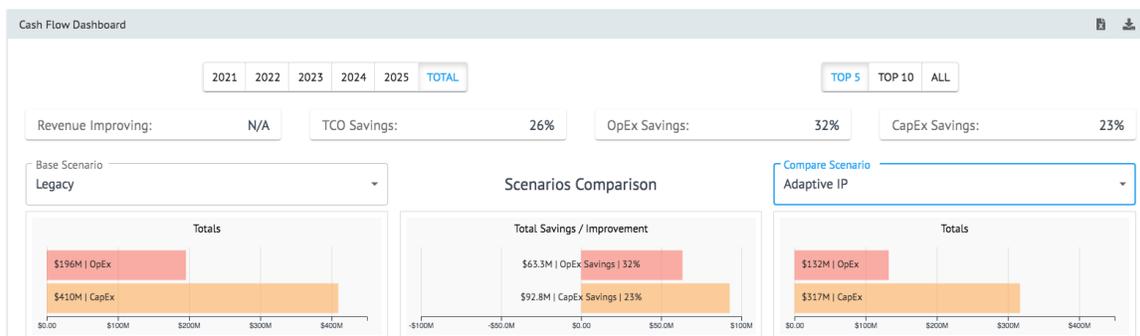


図5. Adaptive IP を使用しない基本シナリオの 5 年間の OpEx と CapEx の合計

図 6 と図 7 に、CapEx と OpEx の削減が可能な主要分野を示しています。図 6 に、Adaptive IP を使用しない基本シナリオ（左側）の 5 年間の CapEx 合計の内訳、Adaptive IP を使用する比較シナリオ（右側）、および削減が可能な主要分野（中央）を示しています。

CapEx の削減を可能にする主な理由は、高度なトラフィック・エンジニアリングとリンク最適化です。重要なアプリケーションの QoS を維持しながら、トラフィック負荷を最適化することにより、リンクの使用率を最大限に向上させることができます。これにより、ネットワークで必要なルーター、リンク、光装置の数を減らすことができます。主要な削減内容は、ルーター、インターフェイス・カード、光装置の調達および設置費用であることに注目してください。これらの CapEx の削減は、Adaptive IP ソリューションに支払った費用によって達成されています。

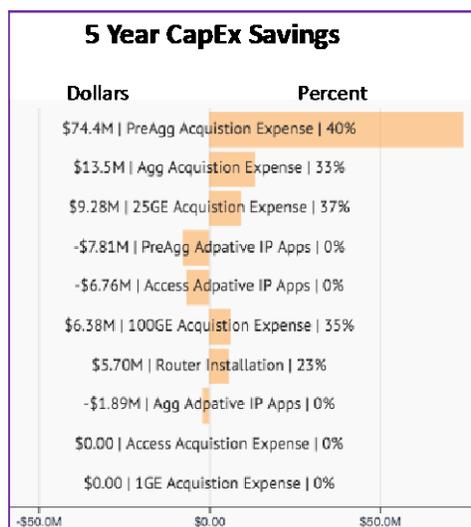


図6. Adaptive IP を使用しない基本シナリオの 5 年間の CapEx 合計の内訳

図 7 に OpEx 削減の内訳を示しています。最も大きい OpEx 削減項目は、ブリアグリゲーション・ルーターのベンダー・サポート費用です。このサポート費用の削減もトラフィック・エンジニアリングとリンク最適化の機能強化によるものです。これにより、多くのルーターとインターフェイス・カードの数が削減され、ベンダー・サポート費用の削減につながります。ルーターとインターフェイス・カードの数が少なくなることで、結果として消費電力、冷却、施設のコストが減少します。その他の OpEx の削減が可能な主要分野の一部を以下に示します。

- エンジニアリングとプランニング
- サービス・フルフィルメント
- サービス保証

これらの削減の促進要因を表 1 にまとめました。

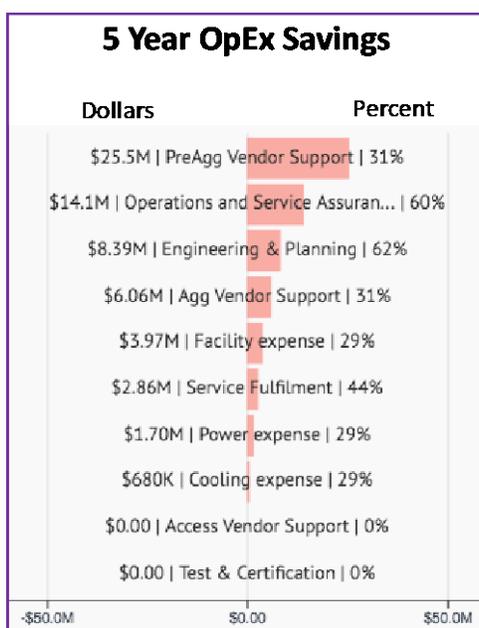


図7. OpEx 削減の内訳

迅速なサービス・デリバリーと新しい収益機会

サービス・プロバイダーにとってネットワークの CapEx と OpEx の削減は重要な優先項目の 1 つですが、収益の拡大も同様に重要です。サービス・プロバイダーは、より高い俊敏性を備えることで新サービスを迅速に市場に投入し、サービスが失敗した場合には早めに対応するという考え方を実践する必要があります。ハイパースケーラーは、クラウド・コンピューティングの空間でこのモデルを完成させています。ネットワーク・サービス事業者は 5G ネットワークを実装するときに、このビジネスモデルを参考にする必要があります。以下に示すように、さまざまな新サービスと収益機会があります。

- 5G サービス
- 次世代ビジネス・サービス
- プライベート 5G サービス
- エッジ・サービス
- IoT サービス
- クラウド・ゲーム
- コネクテッドカー・サービス
- 拡張現実/仮想現実サービス

ネットワーク・サービス事業者が競争力を維持するためには、俊敏性と市場投入までの時間の短縮が極めて重要です。多様なプレイヤーが 5G とエッジ・コンピューティングに移行しているため、当社はこの分野で熾烈な競争が起きると予想しています。Adaptive IP は、サービス・アジリティーと収益化までの時間の短縮を可能にするアジャイルでフレキシブルな自動化されたネットワークを提供します。

まとめ

インターネットが急速なペースで成長し続ける一方で、トラフィックが増加して多種多様なデバイスが増え続けており、また、厳格な QoS 要件を満たすサービスの提供が極めて重要になっています。本書では、次世代 IP ネットワークの主要な要件を取り上げて、Ciena Adaptive IP ソリューションが、これらの要件に対応すると同時にネットワークの TCO をどのような方法で削減するかについて説明しました。Adaptive IP ソリューションは、分析手法を採り入れたインテリジェントな自動化を提供します。サービス・プロバイダーは、アクセスからメトロまで、信頼性の高い次世代 IP ネットワークを構築すると同時に、ネットワークの TCO を削減できます。ACG の TCO モデルである BAE は、サービス・プロバイダーが Adaptive IP を使用してネットワークの TCO を 26%削減すると同時に、新サービスの導入と新しい収益機会の獲得を迅速に実現できる俊敏性を獲得したことを実証しています。

ACG Research は、ICT イノベーションとそれによって実現される変革について、詳細な調査結果を提供しています。同社は、さまざまな ICT 市場セグメントにおいてアーキテクチャーと製品開発について調査しています。ポッドキャスト、ウェブセミナー、および各種レポートとブリーフィングの形式で、イノベーターと早期導入者およびそのソリューションに焦点をあてています。ACG Research は、調査対象のセグメントを形成する要因の一次調査を実施して、経済性とビジネスケースの詳細な分析を行っています。同社の市場予測、展望、市場シェアのレポートは、ターゲット・セグメントの関係者に広く参照されています。Copyright © 2021 ACG Research.