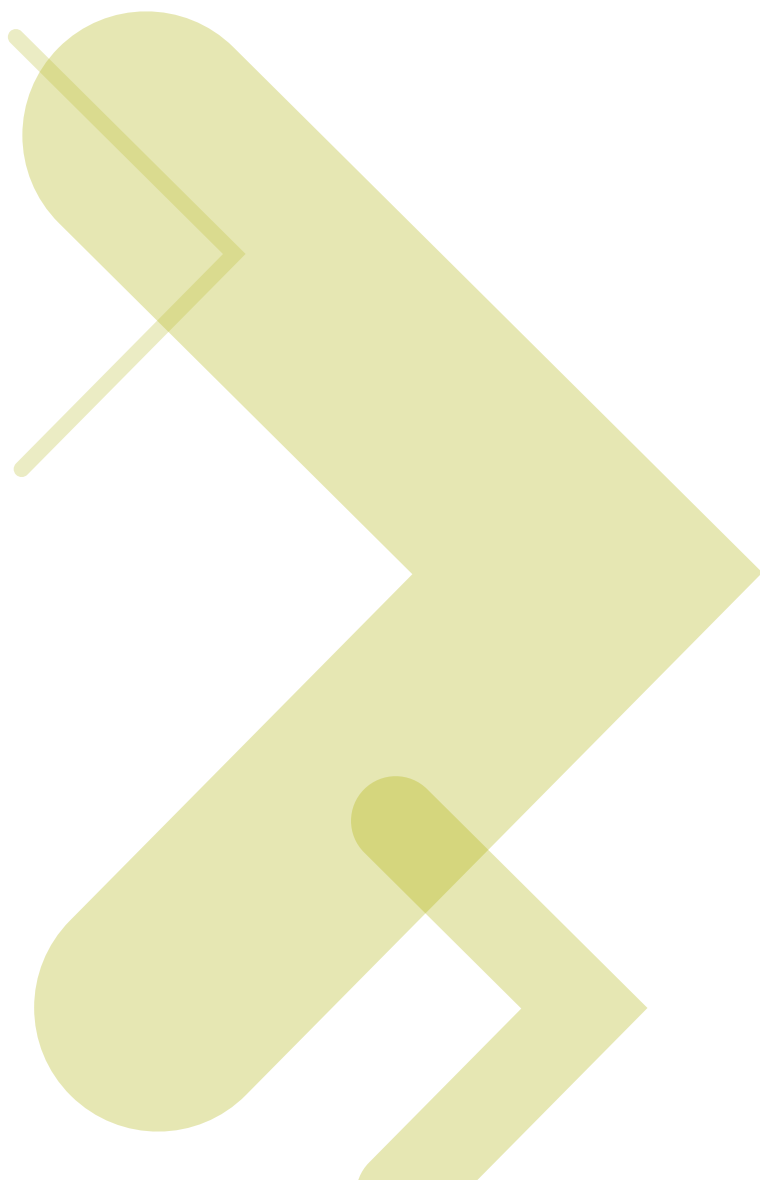




# LTEによる運用・保守戦略

自己管理ネットワーク(SON)を活用し、運用コストを削減



# LTEによる運用・保守戦略

## 自己管理ネットワーク(SON)を活用し、運用コストを削減

Long Term Evolution (LTE) により無線ネットワークの帯域幅が大きく向上し、質の高いモバイルビデオや無線オンラインゲームのような一連の新規のブロードバンドアプリケーションが実現しています。各LTEサービス事業者にとっての主な課題とは、高収益を生み出しつつこれらの新規のサービスをコスト効率よく提供することです。こういったコスト制約に対応するには、新規のLTEインフラに必要な設備投資コストとLTEインフラでサービスを提供することに関連して発生する運用コストを慎重に管理する必要があります。設備投資コストを管理することはモバイルサービス事業者にとって重要な課題であるものの、運用コストのほうがサービス事業者のコスト構造でより重要な位置を占めるに至っています。サービス事業者にとっては、優れた運用・保守を提供しようとするあまり、LTE技術の導入が困難になっています。本ホワイトペーパーでは、LTEインフラ管理に基づく運用・保守提供の戦略をどのように調整することでLTEサービス事業者の運用コスト目標を達成できるかについて検証します。

典型的な運用コストの内訳を以下に示します。

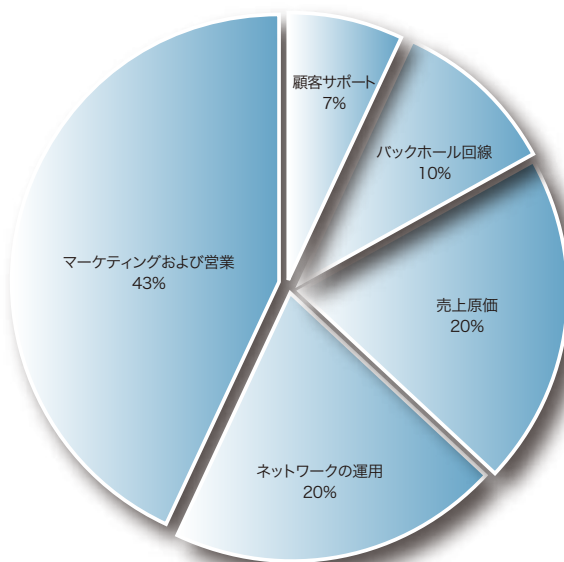


図1：典型的な運用コストの内訳(出典：Yankee Group)

運用に関連するコストはネットワークが成熟するにつれ通常総コストの過半を占めるようになります。3G技術の実績によると、ネットワークに関連する運用コストの平均は製品のライフサイクルを通じてネットワークに関連する総コストの最大30%を占めます。これにはバックホール回線とネットワークの運用・保守に関連するコストが含まれます。運用コストのこの部分はインフラベンダーが提供するソリューションに直接関係しており、これについて本ホワイトペーパーでは取り上げます。

### LTEの運用コストを増大させる要因

バックホール回線の運用、サービス提供、および保守がインフラベンダーに影響を及ぼす主要な運用コストを増大させる要因であるため、LTEにおいてはこの分野でコストを削減することが重要となります。現在の3GPPおよび3GPP2のサービス事業者は運用・保守の要員増なしが要員増を最小化することでLTEネットワークを導入しようとしています。このため、以下を実現する必要があります。

- LTEによる運用・保守が既存の運用・保守のワークフローと合致し、同一の要員がLTE技術とレガシー技術を管理できる必要があります。
- LTEによる運用・保守に備わっている自動管理機能を拡張する必要があります。既存の2Gおよび3Gのネットワークでは、既に運用要員と保守要員の労力をレガシーネットワークの監視、修理、最適化、および拡張に費やしています。LTE機器が2Gおよび3Gのネットワーク・インフラと同様の管理上の特徴を有している場合、既存の運用・保守要員の負荷が過度になり、LTEサービス事業者は追加の運用・保守要員を雇用せざるを得なくなります。

インフラに関連する運用コストを削減する必要があるという点でベンダーとサービス事業者の意見が一致しているため、LTE標準規格において運用・保守の仕組みを大きく変更すべきとする動きが出てきました。次世代モバイル ネットワーク (NGMN) アライアンスと第3世代パートナーシッププロジェクト (3GPP) では、自己管理ネットワーク (SON) と呼ばれる一連の機能の標準化を行いました。SONは運用・保守の自動化のレベルを飛躍的に向上し、運用・保守に関連する運用コストを大きく削減します。

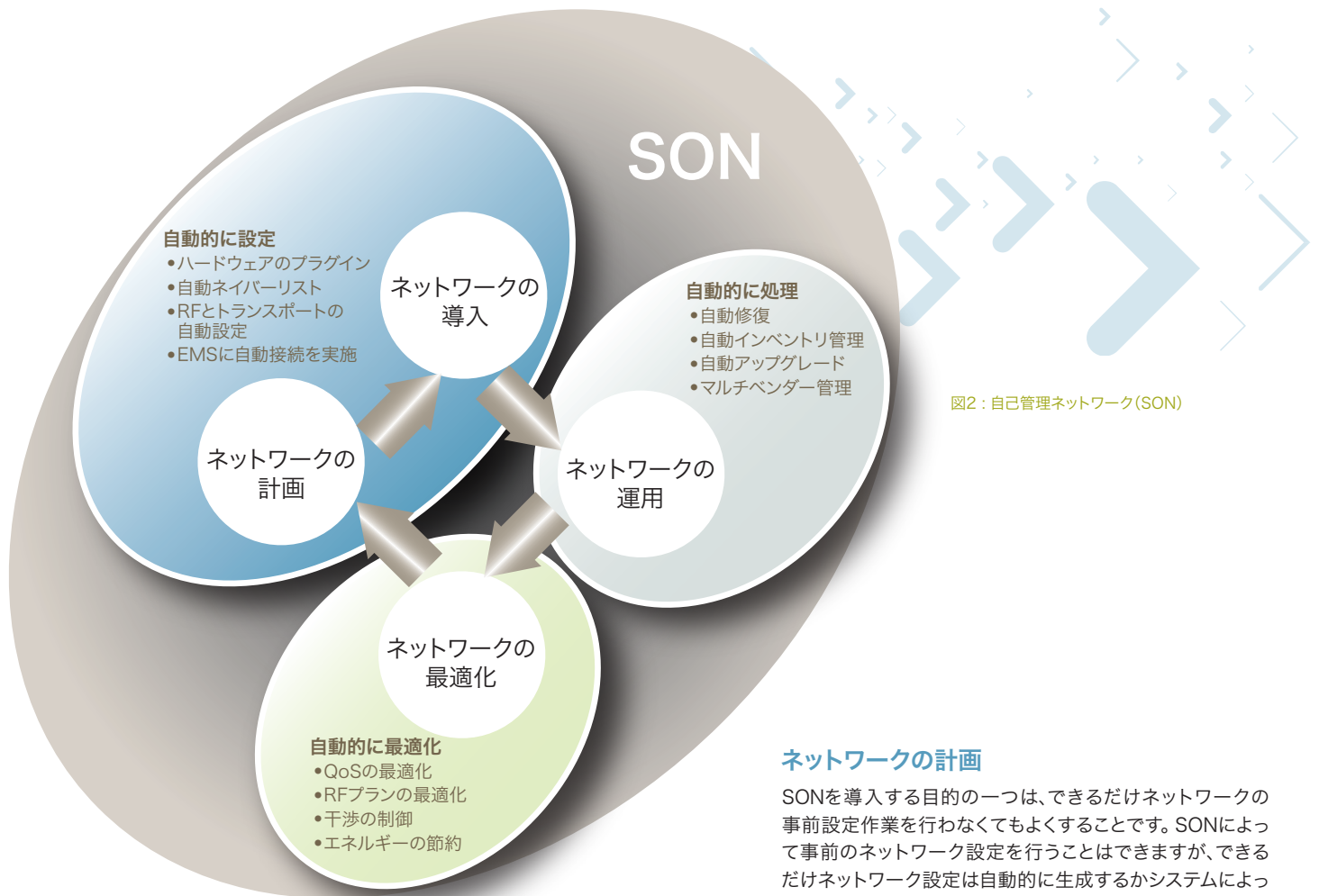


図2: 自己管理ネットワーク(SON)

## 自己管理ネットワーク(SON)

電話サービス事業者は、長きにわたって自動設定、自動運用、自動最適化ができるインフラを求めてきました。無線による電話サービス事業者は専用の技術や知識を必要とせず迅速に導入が実現し、自動的にネイバーを検出でき、ネットワークの障害の際に自動的に再設定を行い、無線パラメータを自動的に最適化できる基地局インフラを必要としています。これに加えて、バックホール回線と相互接続を自動的に設定し、QoSを自動構築し、自動で最適化する必要があります。これらの機能とその他の多くの機能を組み合わせ提供することが自己管理ネットワーク(Self-Organizing Network: SON)の主な目的です。

SONは、計画、導入、運用、最適化といったネットワークライフサイクル全体を包含する一連の使用シナリオとして定義されます。マルチベンダーソリューションに基づいており、主要なポイントで標準のインタフェースが使用されベンダー間の相互運用性を実現します。インフラベンダー間の差別化と競合の余地を残すために、SONアルゴリズムのなかには標準化されていないものがあります。

以下のセクションにて、SONの主要な機能の概要を説明します。

### ネットワークの計画

SONを導入する目的の一つは、できるだけネットワークの事前設定作業を行わなくてもよくすることです。SONによって事前のネットワーク設定を行うことはできますが、できるだけネットワーク設定は自動的に生成するかシステムによって自動的に実施することが推奨されています。SONはネットワークエレメントに対してネイバリストの決定データ、ならびに物理セルIDとRFパラメータの自動割り当てのデータを提供します。

ただし、IPアドレス戦略や当初のQoSの設定をはじめとしたネットワーク計画に関連する主要な要素については、LTE導入の最初の段階でネットワークの計画を行うことが必要となります。

### ネットワークの導入

特にeNBの導入において、SONは導入のタイミングと導入プロセスを根本的に変革します。NGMNと3GPPの定義によると、SONにより以下の特長に基づく合理的なeNB導入モデルが実現します

- eNBは完全なプラグアンドプレイ機能を提供し、ハードウェアリソースのプロビジョニングは一切必要ありません。インベントリ情報は自動的に記録され、報告されます。
- eNBは隣接するeNBとコミュニケーションすることで、アルゴリズムに基づいて物理セルIDを設定します。
- eNBはユーザー機器を活用のうえネイバーの検出を行います。リアルタイムでネイバリストの最適化と精緻化を継続して実施し、新規のネイバーを検出し、有効でないネイバーを削除します。
- eNBは、アンテナチルト、出力、干渉制御などのRFパラメータを自動的に設定し、最適化を行います。

- eNBは自動的に配信機能の設定を行い、Element Management System(EMS)、Mobility Management Entities(MME)等との接続を設定します。
- eNBは自動的に包括的にテストを実施し、技術要員はインストール後に簡単に運用状況の検証を行うことができます。
- EMSへの接続を設定した時点で、eNBは自動的にネットワークに対して認証を行い、必要に応じてソフトウェアの適切なバージョンへのアップデートを実施します。

SON導入前にネットワーク要素の事前割り当てを実施することで、ネットワーク要素の導入タスクをさらに簡略化します。

### ネットワークの最適化

運用コストの削減が最も実現できる可能性が高いのは、ネットワークの最適化の分野であると思われます。この分野は、新規の機器が導入されたり使用パターンが変化したりするなか、ネットワークのライフサイクルを通じて継続的に実施されるタスクである可能性が高いからです。SONの最適化により以下が実現します。

- 新規のネイバーの検出や有効でないネイバーの削除をはじめとする、ネイバーの最適化の自動化。
- eNBsに関するサブトーン信号や電力レベルの調整をはじめとする、干渉の削減の自動化。
- 対象のC/IとRSSIの調整を繰り返すことによりRAT内またはRAT間のハンドオフを最適化するためにKPIの監視を含む、ハンドオフの最適化の自動化。
- QoSの設定の調整を繰り返し実施するためにKQIの監視を含む、配信のQoSの最適化を自動化。
- サービス負荷の傾向を検証し、サービスに悪影響を及ぼすことなくどの時点で機器の電源を落とすことができるかを判断することにより、エネルギー節約を自動化。

### ネットワークの運用

SONでは、運用要員が実施すべき監視や調整のレベルが大きく削減されます。加えて、マルチベンダーに対応したトラブルシューティング機能により、さらに詳しい調査が必要とされる問題を簡単に特定できるようになります。SONが提供する運用機能には以下が含まれます。

- 全てのNEから全てのコンポーネントのインベントリに関する情報を包括的かつ標準化した形式で報告。

- 確実にセルの障害を検知し、潜在的な欠陥を管理。
- セルの障害を修復する機能により、自動的に関連するセルの再設定を行い、障害の発生したセルの影響を最小化。
- 障害に関する第1次および第2次の根本原因を分析し、障害復旧を実施。
- リアルタイムのPMデータにより、修復または再設定が行われた後のサービス能力を検証。
- マルチベンダーのサブスクリバと機器を管理し、システムのトラブルシューティングを促進。

### 差別化要因としての運用・保守機能

LTEの運用・保守機能の大半は標準規格に基づいて指定されているものの、ベンダー間で差別化を行う余地はまだたくさんあります。SONでは、最適化アルゴリズムの分野とSONソリューションの正確性および効率の点では差別化を行う余地があります。また、SONにはいくつかの主要な課題があり、さらに差別化を行うべき分野となっています。

### 信頼性の確立

SONソリューションでは、自動ネットワークソリューションに対してユーザーからの信頼が得られるようにする必要があります。それには、ユーザーが変更を導入する前にまず変更内容を検証できるようにする必要があります。

### チャターおよびピンポン効果

SONソリューションでは、自動化された最適化ソリューション内に「チャター」または「ピンポン」効果が発生しないことが必要です。SONのために構築された自動最適化アルゴリズムでは、ネットワーク要素間にピンポン式設定変更を作らないようにすることや、管理システムに対して不必要なチャターが作成されないようにすることが重要です。

### ネットワーク コンバージェンス

SONソリューションは、ネットワークが安定した状態に収束する迄の間、SONコンバージェンスを発見の問題解決法(ヒューリスティック)により実現しなくてはなりません。SONを最初に設定すると、アルゴリズムが安定した状態に達するまでサービス事業者には非常に多くの通知が送信されます。サービス事業者に過度の通知が送付されることなくSONが安定した状態に達することができるように、コンバージェンスのための期間を設定する必要があります。

## ユーザー向けガイド

最後に、SONソリューションはサービス事業者がSONを管理する機能を提供します。SONは自動化を実現するソリューションであるものの、サービス事業者がSONソリューションを管理できることが必要です。

インフラ・ベンダーはLTEによるネットワークサービス提供ソリューションの一環としてこの課題に対応する必要があります。この課題に対応すべく、モトローラは以下の機能を開発しました。

- SONのレビューモード。本モードにより、サービス事業者は変更を導入する前にまず提示された変更をレビューすることができます。レビューモード中であれば、サービス事業者はいかなる変更でも受け入れ、または拒否することができます。サービス事業者がSONのアルゴリズムと実装に自信が持った時点で、SONを自動モードに変更し、変更がリアルタイムでNEによってローカルに適用されます。自動モードに入ると、サービス事業者がいつでもSONによって適用された変更内容を確認することができ、レポートを発行してSONのアルゴリズムによって行われた変更を確認することができます。
- SONアルゴリズムに対するピンポン/チャター効果排除の組み込み。
- 対象となるSONの使用シナリオごとにネットワークのコンバージェンスをヒューリスティックに基づいて実現。
- サービス事業者によるSONの管理機能。管理機能には、自動モードまたはレビューモードを使用シナリオごとに選択できる機能、およびサービス事業者が使用シナリオごと、NEごと、またはSONの属性ごとにSONを有効化または無効化できる機能が含まれます。また、サービス事業者はモトローラのSONアルゴリズムで許容される範囲で変更を管理することができます。

## LTEを適正に設定する

### 運用・保守ワークフローに対する理解の重要性

運用コストを削減するには、SONによって導入された変更を既存の運用・保守ワークフローに追加する必要があります。SONは個別に管理と要員が必要になる新規のワークフローを構築するのではなく、既存のワークフローを簡略化または排除することで、サービス事業者による既存の従業員管理ツールに適合するものである必要があります。新規のSONによるワークフローがどれほど効率の良いものであっても、LTEのために全く新しい運用・保守要員が必要になってしまうようでは合理的ではありません。

SON機能により新規の技術要員のワークフローが構築されないようにするために、インフラ・ベンダーはサービス事業者の既存のワークフローを明確に理解する必要があります。例をあげると、モトローラは数千時間を費やしてお客様の運用・保守について調査および観察を行います。次に、お客様と協力してワークフローのプロファイリングを行います。モトローラがワークフローについて完全に理解した時点で、ワークフローが正式にモデル化され、新規の運用・保守におけるソリューションの一環として確認されます。全てのSONの機能はこのワークフローに基づいて機能します。

## SONにおける体験の重要性

どのようなネットワークでも自動設定するには複雑な作業を伴います。無線ブロードバンドネットワークの自動設定はさらに困難です。インフラベンダーは自動化されたネットワークを構築し導入した経験を有する必要があります。ベンダーは、サービス事業者に対し、SONが導入されたその日から成熟した機能を提供できることを保証し、導入とはSONの機能の実地テストを行うことではないことを保証する必要があります。

このために、モトローラは自動化されたネットワークテクノロジーに対し大きな投資を行ってきました。モトローラはインフラの自動設定、自動修復、自動最適化、および自動防御を実現すべく2005年に自動化テクノロジー研究所を設立し、このプロジェクトの推進のために業界の専門スタッフを採用しました。2006年にモトローラはSONに基づく新規の運用・保守のアーキテクチャを構築し、これを社内の運用・保守の標準のアーキテクチャとして位置付けました。SONに基づく管理システムとエージェントテクノロジーをモトローラが初めて提供したのは2007年のことでした。LTEは、モトローラのSONに基づく管理システムとエージェントテクノロジーのリリース3.0に基づいています。

### 自主管理ネットワーク(SON)のアーキテクチャの意義

SONの導入により運用・保守のアーキテクチャにいくつかの課題が生まれました。リアルタイムのSONの機能は、集中管理されたアーキテクチャまたは分散アーキテクチャのいずれかのアプローチで導入可能です。

#### 集中管理されたアーキテクチャのアプローチ

集中管理されたアーキテクチャのアプローチは、自動的なネイバー管理や自動的な物理セルID管理のようなリアルタイムのSON機能を導入するために使用されます。このアプローチでは、EMSがリアルタイムのSON機能を主に決定します。この集中管理されたアプローチには大きなデメリットが存在します。

集中管理されたアプローチでは、EMSがSONによる意思決定に大きな役割を果たすため、EMSがシステム運用に重要な意味を持ちます。EMSがダウンすると、導入は行われず、SONネイバーの更新も行われず、SON RFの最適化も行われません。また、EMSは大容量のデータを処理することによりネットワーク全体でSONによるローカルの意思決定を行わなければなりません。ネットワークが数千のeNBに拡張するにつれ、この作業はEMSにとってより大きな負荷となり、サービス事業者にも影響が及びます。意思決定はEMSで行われるため、ローカルのコンバージェンスは不可能です。全てのデータがEMSに転送され、ネットワーク要素のSONアルゴリズムが状態を安定させるためにコンバージェンスを実施するのでバーストの問題が発生するからです。EMSではチャターとピンポンの問題も解決する必要が発生し、EMSプラットフォームにおけるメッセージングとシステム処理の負荷がさらに大きくなります。

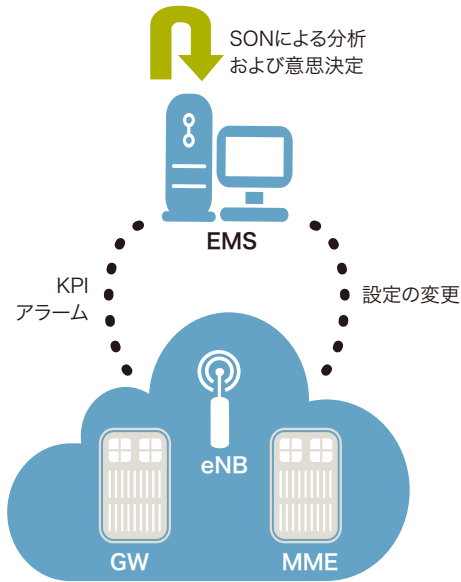


図3：集中管理されたSONのアプローチ

また、EMSに基づくSONの機能では、マルチベンダーネットワークやオープンなネットワーク要素間のインタフェースは推奨されません。3GPP itf-Sインタフェースが標準化されていないため、同じ地理エリア内でのマルチベンダーによるSON機能は不可能ではないものの非常に困難になります。

集中管理されたアーキテクチャによるもう一つの考慮点は、ネットワークレベルのSONによる変更はローカルレベルの変更のガイドとなるポリシーとは異なり、一連の個々の細かい設定として実施する必要があるという点です。

最後に、EMSで必要となるデータと処理のボリュームのために、EMSはSONによる変更処理のボトルネックとなることがあります。SONによる変更処理の自動化にあたって大規模なレイテンシを発生させることがあります。

#### 分散アーキテクチャのアプローチ

SONは分散テクノロジーとして設計されています。SONの使用シナリオはSONの機能をネットワークのできるだけ遠いところにあるエッジにまで提供しようとします。分散アーキテクチャのアプローチにより、SONに基づいて効率的な処理が実現します。

分散アーキテクチャは、SONに基づくローカルの意思決定を行う、効率的で自立的なネットワーク要素に基づいています。これによって、EMSに要求される複雑度、負荷、および可用性が減少します。また、ローカルのコンバージェンスが可能になり、EMSとサービス事業者の負荷が減少します。ネットワーク要素のSONアルゴリズムは、安定した状態に達したことが確認できるまでEMSへの通知を中止します。また、SONによるローカルの意思決定によりピンポンとチャターの問題をローカル管理することが可能になり、EMSとサービス事業者の負荷が減少します。

また、分散アーキテクチャによりネットワーク要素内でリアルタイムのSON機能を独立させることで、ネットワーク要素へのオープンなインタフェースが可能になります。このことで、単一の地理エリア内でマルチベンダーSONをサポートすることが簡単になります。

分散SONアーキテクチャのもう一つのメリットは、ネットワークレベルのSONによる変更が設定の変更ではなくネットワーク要素のポリシー変更として導入できることです。ネットワーク要素はリアルタイムSONを理解しリアルタイムSONのアルゴリズムを保有しているため、アルゴリズムの更新やユーザー向けガイドの更新を細かな設定の変更ではなくポリシーの変更として実施することができます。

最後に、分散SONアーキテクチャは自動モードでリアルタイムのパフォーマンスを実現します。変更はローカルでリアルタイムに実施され、ネットワーク内で発生した変更をユーザーが常に認識できるようにEMSは全ての変更を管理します。

SONの成功と失敗にかかわる最も大きな要因は、ネットワークアーキテクチャが自律的で適合性の高いシステムを実現できるかということです。分散アーキテクチャはSONソリューションを成功裡に提供できる機能を備えています。モトローラのSONアーキテクチャは分散アーキテクチャに基づいており、効率的で自立的なネットワーク要素がポリシーに基づく管理形態によってSONによるローカルの意思決定を行います。

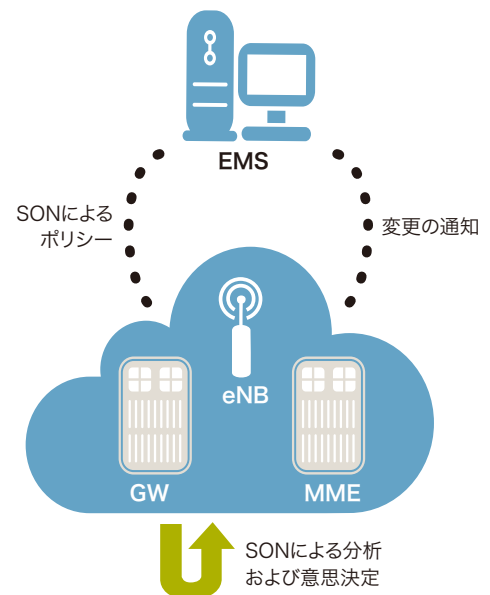


図4：分散SONアーキテクチャ

#### 一貫性のある運用アプローチ

卓越した運用実績により運用コストを削減するためには、ネットワーク内の全ての管理統制ポイントにおいて一連の包括的な運用メカニズムを実施することが必要です。分散運用と分散保守のアプローチにマイナスになる点があるとすれば、異なる種類のネットワーク要素ごとに運用を実施するメカニズムが異なる場合があるということです。これにより運用要員に追加のトレーニングが必要となり、さらに運用作業の実施にあたりエラーが発生するリスクが高くなります。ベンダーはネットワーク要素の管理のためのCLI処理とGUI処理を共通化することで、全てのネットワーク要素において一貫性のあるユーザー体験を提供することが必要です。

モトローラのネットワークエレメントとEMSは一貫性のあるCLIとGUIの体験を提供します。CLIは業界標準のコマンドラインインタフェースに基づいています。

## 最重要課題: 運用コストの削減

運用・保守にかかわるあらゆるプロジェクトの最重要課題は運用コストを削減することです。LTEによる運用・保守戦略は運用コストの削減を実現できるのでしょうか。SONはLTEの運用・保守にかかわるコスト構造にプラスの影響を及ぼすことが可能です。また、電力消費などの公共料金のような運用コスト上の考慮課題にも対応することができます。

モトローラでは、SONをはじめとする当社のLTE運用管理機能による運用コスト削減の可能性について詳細な分析を実施しました。この分析では、レガシーの2Gおよび3Gの運用ワークフローとSONに基づくLTEソリューションの運用ワークフローを比較しました。SONに基づくソリューションは既存の2Gおよび3Gの運用ワークフローに比べて運用コストの大きな削減が可能であることが判明しました。コスト削減効果は以下によるものです。

- 自動化(タスクの排除、運用の効率向上、および既存の要員による付加価値)
- 専門知識を取得する必要性を削減
- 高度な監視の必要性を削減

LTEによる運用効率によって運用コストを格段に削減できる例として、最適化を実現するためのレガシーワークフローについて考えてみたいと思います。ネットワークの最適化を行うエンジニアがネットワーク内管理システムのデータのマイニングを行います。最適化ツールを購入するかカスタム構築するかして収集したデータの分析を行います。Key Performance Indicator(KPI)をツールまたは手作業で分析することで、設定の変更が提案され、計画され、手作業でネットワークに導入されます。その後、テストやユーザーからの苦情、KPIの再分析を通じてこれらの変更が検証されます。その結果、このような手作業のタスクを伴うプロセスが何度も繰り返されます。

このプロセスとSONによる最適化の自動化のシナリオを比較してみましょう。LTEでは、各ネットワーク要素はKPIを繰り返し検証しKPIの分析に応じて詳細な設定変更を行うことにより自律的かつ自動的に最適化を行います。集中管理されたマルチベンダーのSON機能により、ネットワークに関するKPIとKey Quality Indicators(KQI)が自動的に収集され、このデータを分析することでネットワーク全体に最適化のための詳細な変更が決定され、ネットワークに設定の変更が自動的に導入されます。ネットワークの最適化を行うエンジニアはSONによる変更を監査する必要がありますが、このような自律的なソリューションに対する信頼が高まるにつれて、監査機能は縮小するか排除されます。計画策定、導入、および運用の分野においても、同様のSONワークフローによる改善が実現しています。SONに基づくソリューションでは、ワークロードは簡略化されるか排除され、手作業による介入は運用のあらゆるレベルにおいて削減されます。

モトローラによるLTE運用改善アプローチによる運用コストの削減比率の概算が本分析に基づいて計算されています。運用コストの削減が下記のとおりで示されています。モトローラでは、計画策定、導入、運用、および最適化の分野で65%から80%の運用効率の改善があると想定しています。

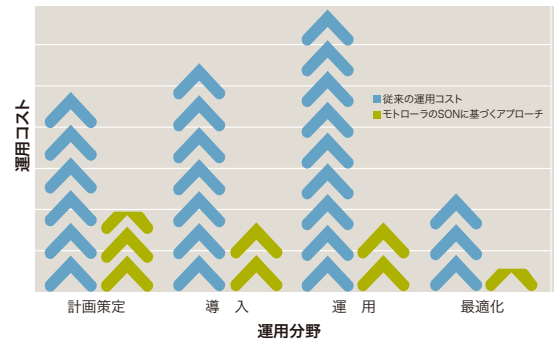
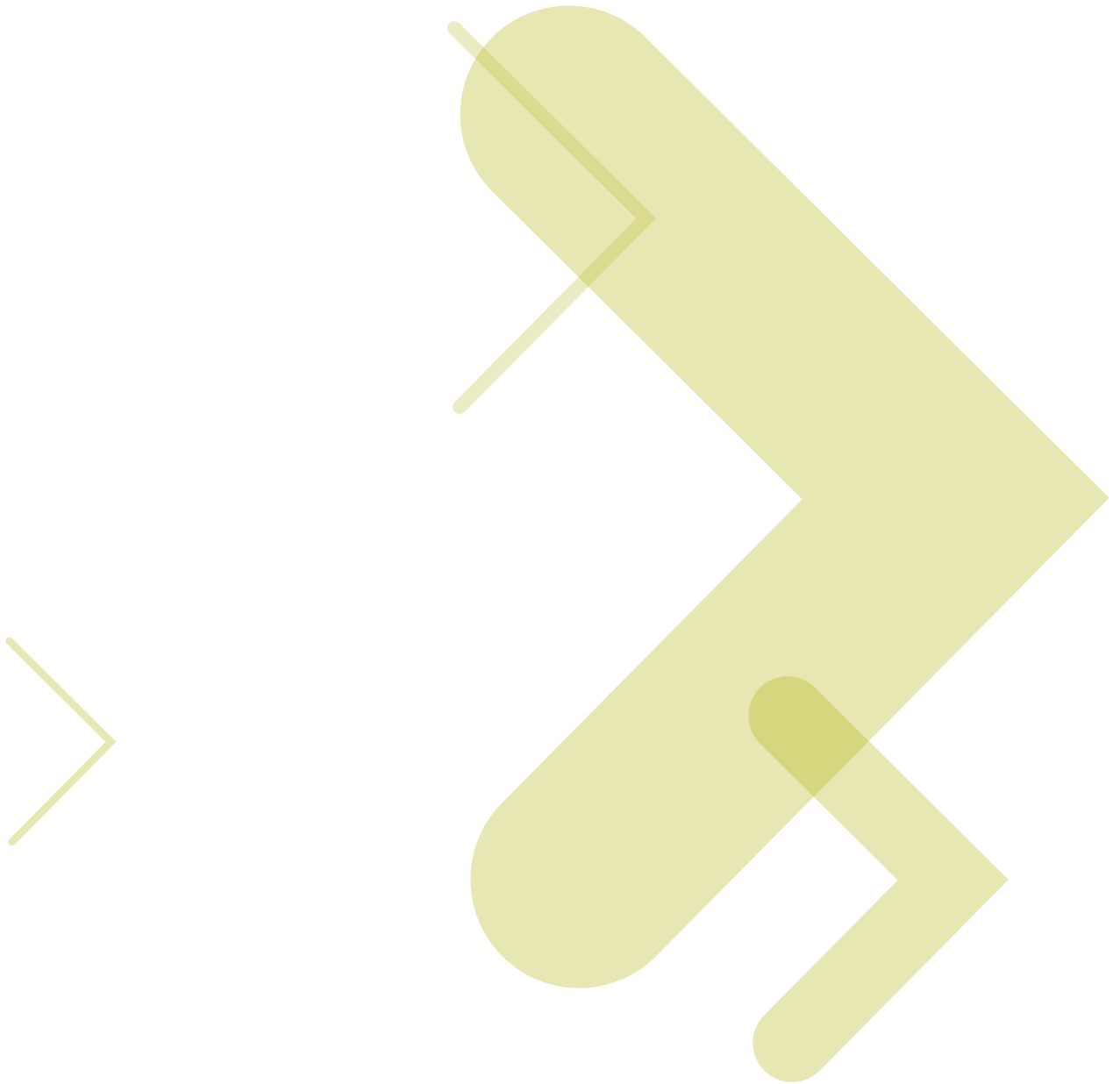


図5: モトローラのSONによる運用コストの削減効果

## 結論

第2世代と第3世代の無線ネットワークは無線テクノロジーを進展させましたが、運用手法ほとんど第1世代のままでとどまっていた。これらのレガシー技術とは異なり、LTEは運用コストの大幅な削減を実現します。コスト削減を実現するためには、サービス事業者は包括的なSONソリューションを導入する必要があります。これにより、分散運用と分散保守のアーキテクチャに基づき、いつでもどこからでもアクセス可能な一貫性のある運用機能を備えたコスト体系の改善を実現できるのです。運用コストを削減するLTEソリューションの導入に成功したサービス事業者は競合他社に対して大きな優位性を得ることになります。

モトローラのLTEおよびSONのソリューションは、商用OFDMネットワークの計画、導入、最適化、および管理に関する広範な知識とスキル、2005年に設立した自動化ネットワークに関する研究所による幅広い成果、および3GPPのLTE標準規格に基づく当社の業界トップレベルの実績に基づくものです。当社はこれまでも先進的なフィーチャーと高度なアルゴリズムを迅速に提供することで、サービス事業者による業界トップレベルのシステム導入を実現してきました。



**MOTOROLA**

モトローラ株式会社

〒141-6021 東京都品川区大崎2丁目1番1号 シンクパークタワー  
<http://www.motorola.com/jp>

モトローラ、MOTOROLA、モトローラのロゴマークおよび\*表示が付された商標は、米国およびその他の国におけるMotorola, Inc.の登録商標です。文中に記載されている他社の製品名やサービス名等は、各社の商標または登録商標です。©Motorola, Inc. 2010. All rights reserved.