

無線ネットワークの最適化技術：SON

Technology to Optimize Radio Access Networks: Self-Organizing Network (SON)

● 武智竜一 ● 小川浩二 ● 奥田将人

あらまし

次世代の移動通信ネットワークでは、経済的なネットワークサービスを実現するために、SON(Self-Organizing Network)と呼ばれるネットワーク制御・管理法が注目されている。SONは、構築するネットワークの設計業務、設置業務、および最適化・運用監視といった運用業務に関して、従来人手で行っていた作業をできるだけネットワーク自律で行うことによりTCO(Total Cost of Ownership)の削減を実現する。SONの導入に関しては、既存ネットワークへの影響を最小限にしつつSON機能を適用していくこと、無線ネットワークにとどまらずネットワーク全体を最適化していくこと、状況に応じてSON自体を高度化させていくことといった点が重要である。

本稿では、SONの概要を示すとともに、そのユースケースとしての自動負荷分散、無線カバレッジ最適化といった無線ネットワークの最適化技術、および最適化を実現するシステムアーキテクチャについて述べる。

Abstract

In next-generation mobile networks, technology for a Self-Organizing Network (SON) is being introduced to help new network services run economically. SON can reduce the Total Cost of Ownership (TCO) of network operators by managing and operating networks autonomously without the need for human intervention. Such management or operation includes network planning, network deployment and network operations for network optimization or fault management. There are some important considerations for introducing SON: it is possible to migrate SON's functionality while minimizing the impact on existing networks; the entire network can be optimized and not just wireless networks; and SON itself can evolve according to the network environment. The paper gives an overview of SON's concept, describes technologies to optimize radio access networks such as automatic load balancing or radio coverage optimization as examples of using SON, and introduces the system architecture needed for network optimization.

まえがき

近年、高速無線アクセスを使用したモバイルインターネットの普及により、移動通信ネットワークのトラフィックは急激に増加している。トラフィックの増加に伴い、ネットワーク事業者のネットワークインフラ所有コスト、管理コストは増大する。将来のネットワークでは、これらのコストを低減し経済的なネットワークサービスを実現することが重要となる。現在、3GPP (3rd Generation Partnership Project) などの標準化団体では、主として無線アクセスネットワークを対象にSON (Self-Organizing Network) と呼ばれる自律的なネットワーク管理に関する仕様が策定されつつある。⁽¹⁾⁻⁽³⁾ SONでは、ネットワークの計画、その構築と運用管理に関し、従来人手で行っていた作業をできるだけネットワーク自律で行うことによりネットワーク事業者のTCO (Total Cost of Ownership) 削減を実現する。

本稿では、SONの概要、および具体的なSONのユースケースとして、無線ネットワークの最適化を取り上げ、モビリティ負荷分散 (MLB: Mobility Load Balancing) を使った自動的な負荷分散と、無線カバレッジ最適化 (CCO: Coverage and Capacity Optimization) の適用例について述べる。最後に、これらの最適化を実現するSONのアーキテクチャについて示す。

SONの概要

移動通信ネットワークにかかわる主要なオペレーションについては、図-1に示すようにネットワークの計画、構築、運用の三つのフェーズがあり、SONは、それぞれのフェーズにおいて、自律的な高機能オペレーションを提供することを目的としている。

以下に、各フェーズにおけるオペレーション内容とSONによるアプローチについて示す。

(1) 計画フェーズ

計画フェーズでは、実際の基地局やネットワーク機器の設置に先立ち、装置のロケーション、パラメータ (出力電力やアンテナの角度など) の決定を行う。また、基地局とネットワーク装置間の回線設計を行う。これらの設計においては、人手

の介在を最小化しつつ、パラメータの最適値を導出することが重要である。

(2) 構築フェーズ

基地局やネットワーク装置の敷設時には、これらの装置へのパラメータ設定や装置の試験を行う。このフェーズにおいては、Self-Configuration機能により、装置設置後に、装置の検出、ソフトウェアのダウンロード、認証、試験などをネットワーク自律で行う機能を提供する。

(3) 運用フェーズ

運用フェーズのオペレーションとしては、以下で述べるネットワークの最適化や、監視・保守が挙げられるが、SONによってこれらのオペレーションをできる限り自動で実現する。

・ネットワークの最適化

運用時においては、基地局やネットワーク機器からネットワーク品質や無線品質に関するデータを収集し、収集データ値に基づいて基地局やネットワーク機器のパラメータの変更を行う。例えば、各基地局でのトラフィック量を均一化するMLB機能や、ハンドオーバー時の品質を向上するMRO (Mobility Robustness Optimization)、セルのカバレッジを維持しつつセル内スループットを最大化するCCO機能を提供する。

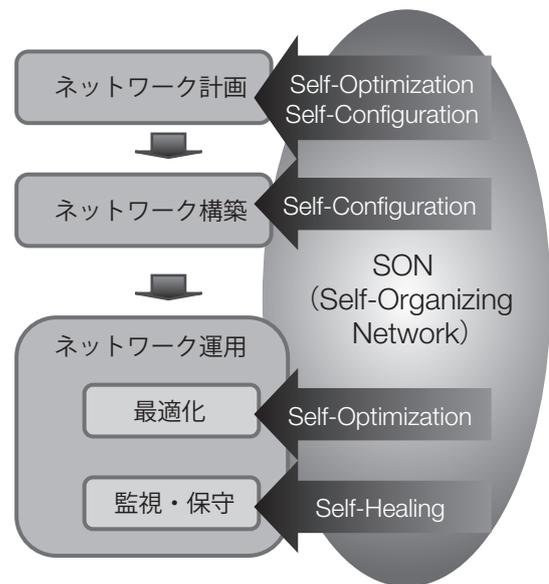


図-1 移動通信ネットワークでのオペレーション
Fig.1-Network operation for mobile networks.

・ネットワークの監視・保守

基地局やネットワーク機器からの障害情報を監視し、ネットワークに不具合が発生した場合は、適切な対処（リスタート、予備系運転、他装置による動作補償など）を行う。また、ネットワーク機器のアップグレードを自動で行う。

以上のように、SONは各オペレーションにおける作業をネットワーク自律で行うことにより、人手を介した作業を簡略化することを目指している。

無線ネットワークの最適化技術

本章では、SONが提供するオペレーションとして、ネットワークの最適化を取り上げ、具体的な最適化技術として、無線ネットワークを構成する基地局の無線リソースを効率的に使用するための自動負荷分散、および状況の変化に応じて、ネットワーク事業者のサービスエリア品質を自律的に維持する無線カバレッジ自動最適化技術について説明する。

(1) 自動負荷分散技術

自動負荷分散では、ネットワークがセル間の不均衡なトラフィック負荷を検出し、各セルの負荷状態に応じて、運用パラメータを自律的に調節することで、高負荷セルの基地局に接続している端末を低負荷セルの基地局にハンドオーバーさせ、負荷の分散を図り、システムキャパシティの改善および平均ユーザスループットの向上を実現することができる。このような自律的制御を行うことで、人手などによる制御よりも、一時的な負荷の集中などに迅速かつ細やかに対応することが可能である。

自動負荷分散の実現方法として、アンテナの角度を調整して無線カバレッジを変更する方法とハンドオーバーパラメータを調整して、論理的なセルサイズを変更する方法（モビリティ負荷分散）がある。

図-2は、モビリティ負荷分散の動作原理を示すものである。端末が現在接続しているセルとその隣接セルの受信電波品質から、どのセルに接続するかが決まる。一般的に、隣接セルの受信電波品質が接続セルより所定の値分（ハンドオーバーしきい値）大きくなったときに、端末は隣接セルにハンドオーバーする。モビリティ負荷分散では、負荷

状況に応じてハンドオーバーしきい値を調整することにより、仮想的にセルサイズを拡大または縮小させて、セル内の端末数を増減させ、トラフィックを分散させる。

(2) 無線カバレッジ最適化技術

従来、実際のフィールド環境においては、無線カバレッジを最適に維持するために、ドライブテストなどによる手動での無線環境の測定を行い、パラメータ調整を行っている。無線カバレッジ最適化では、サービスエリア内に不感地帯（基地局からの電波が弱い場所）や無線基地局の障害などにより無線通信困難な領域が存在することを、端末や無線基地局での各種測定情報を基に検出し、無線基地局の送信電力やアンテナ角などを自律的に調整する。この自律調整により、ドライブテストのコストを削減しつつ、エリア内での無線カバレッジを確保し、ユーザへのサービス品質を維持・向上させることを可能とする。

図-3は、基地局障害発生時などに生じる不感地帯を、周辺基地局のアンテナ角の制御により、補完する様子を無線品質分布で示している。図中の白色が無線品質の良好なエリアを表し、黒色が強いエリアほど無線品質が劣悪であることを表している。同図（a）は、図中央の基地局に障害が発生し、大きな不感地帯が生じていることを表してい

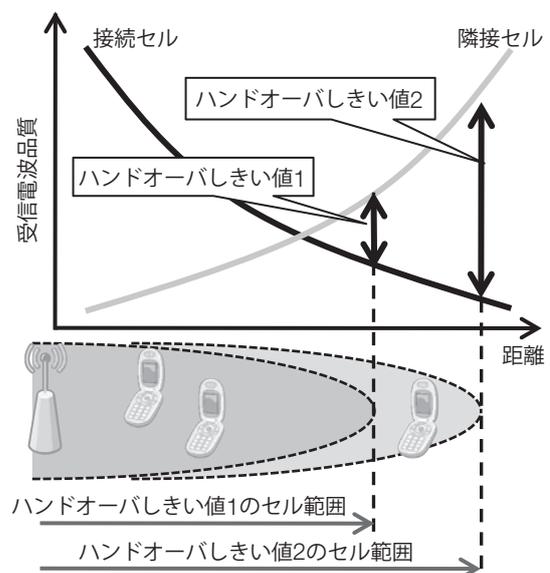


図-2 モビリティ負荷分散
Fig.2-Mobility load balancing.

る。無線カバレッジ最適化は、こうした状態を基地局の情報から検知し、周辺セルのアンテナ角を最適化することで不感地帯を解消させる。同図 (b) は、周辺セルのアンテナ角の最適化の結果、カバレッジが広がり、中央にある不感地帯を補償していることを表している。

SONの実現アーキテクチャ

本章では、前述の無線ネットワーク最適化を実現するSONのアーキテクチャについて記載する。

SONの実際のネットワークへの適用に関しては、

(1) 既存ネットワークへの影響を最小限とする

SONの導入

(2) 無線ネットワークの最適化からネットワーク全体の最適化

(3) 状況に応じたSON自体の高度化

といった三つの観点を考慮することが重要である。

以下にそれぞれの概要を述べる。

(1) 既存ネットワークへのSONの導入

図-4にSONのシステムアーキテクチャを示す。NMS (Network Management System) やEMS (Element Management System) といった既存保守監視システムでは、無線アクセスなどのネットワーク構成要素の保守監視を行う。前述の最適化

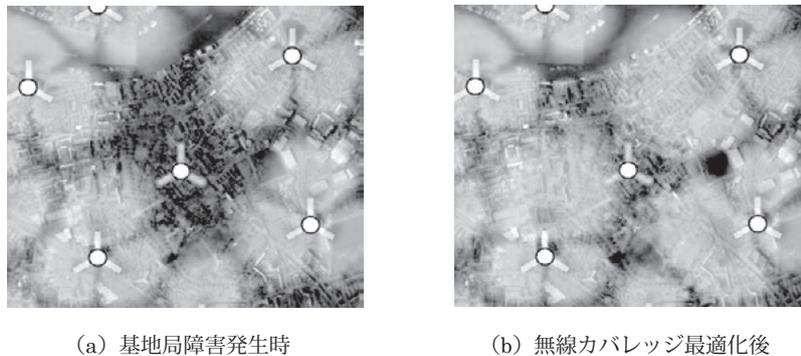


図-3 無線カバレッジ最適化前後の無線品質分布
Fig.3-Radio quality map before/after optimization.

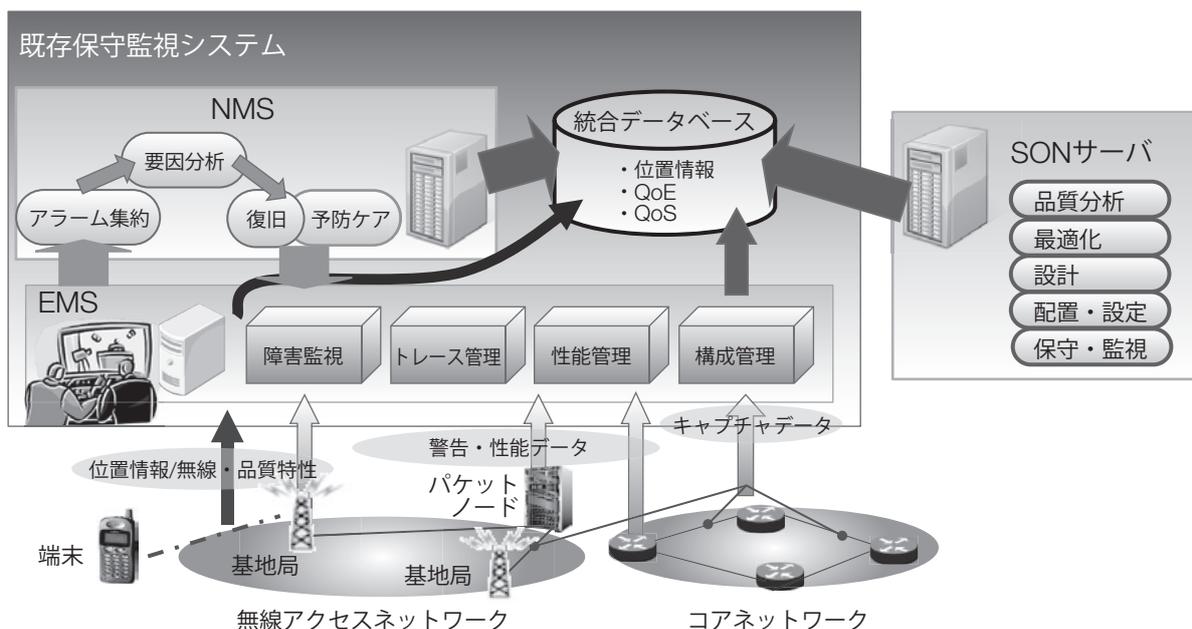


図-4 SONシステムアーキテクチャ
Fig.4-SON system architecture.

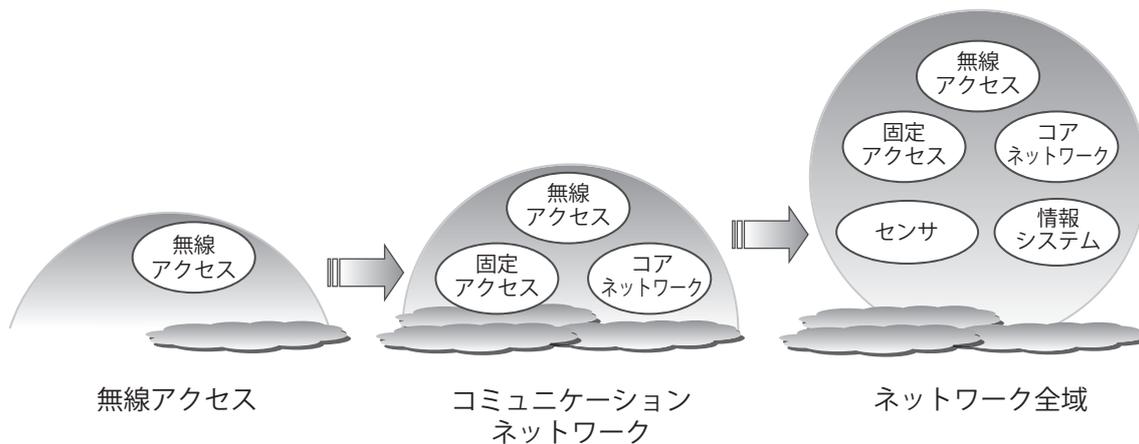


図-5 SONの展開イメージ“Rising SON”
Fig.5-Image of SON evolution - “Rising SON”.

技術は、これらの既存保守監視システムとは独立に設置したSONサーバで実現する。既存保守監視システムとSONサーバは、データベースを介してデータの交換を行う。例えば、最適化アルゴリズムの起動契機となるネットワークの品質データなどは、既存システムで収集し、データベースに格納される。SONサーバ側からは、このデータの格納を契機に、または周期的にデータを分析し、その結果に応じて最適化アルゴリズムを実行する。このような、既存の保守監視システムとデータベースを介して連携するシステムアーキテクチャにより、既存システムに大きな影響を与えることなく、SONを導入することが可能となる。

(2) ネットワーク全体の最適化

図-5はSONの展開モデルを“朝日 (Rising Sun)”に擬して示したものである。SONの展開に関しては、当初は、3GPPなどの技術標準で要件を定義している無線アクセスネットワーク分野へSONを展開していくが、その次のステップとして、コアネットワークや固定アクセスネットワークへの展開、また、将来的には、センサや情報ネットワークも含めたネットワーク全体にSONを適用していく。これは、ネットワーク全体における問題の把握と解決を、SONをベースにして適用することを意味している。

(3) SON自体の高度化

とくに、新しいネットワークの導入当初は、ネットワーク装置や端末数も少なく、SONアルゴリズムが必ずしも期待した効果が得られないことも想

定される。また、運用中にネットワーク環境が変わることも想定される。そこで、運用中のSONの最適化状況を分析し、最適化アルゴリズムを必要に応じて修正（例えば、最適化ユースケースの起動条件や起動順序の修正など）を実施することが望ましい。このように、SONアルゴリズム自体を自律的に修正していく「自己成長型のSON」の提供が重要である。

む す び

本稿では、SONおよびそのユースケースとしての無線ネットワークの最適化の適用例を述べた。また、最適化を実現するSONのシステムアーキテクチャについて示した。SONの導入に関しては、既存ネットワークへの影響を最小限にしつつSON機能を適用していくこと、無線ネットワークにとどまらずネットワーク全体を最適化していくこと、状況に応じてSON自体を高度化させていくことといった点が重要である。

参考文献

- (1) 3GPP, TS32.500v10.1.0 : Telecommunication management ; Self-Organizing Networks (SON) ; Concepts and requirements. October, 2010.
- (2) 3GPP, TR36.902v9.3.0 : Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) ; Self-configuring and self-optimizing network (SON) use cases and solutions. December, 2010.
- (3) 3GPP, TS36.300v10.2.0 : Evolved Universal

Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved
Universal Terrestrial Radio Access Network

(E-UTRAN) ; Overall description ; Stage 2. December
2010.

著者紹介



武智竜一 (たけち りゅういち)

ネットワークソリューション事業本部
ドコモビジネス事業部 所属
現在、移動通信ネットワークに関する
研究開発業務に従事。



奥田将人 (おくだ まさと)

ネットワークシステム研究所ネット
ワーク方式研究部 所属
現在、移動通信ネットワークに関する
研究開発業務に従事。



小川浩二 (おがわ こうじ)

アクセスネットワーク事業本部モバイル
ルプロダクト開発センター 所属
現在、移動通信システムにおけるSON
ソリューションの企画・開発に従事。