

# ネットワークのヘルスケア技術 - 自律かつ高可用なネットワークの実現 -

## Health-Care Technology for Networks

### あらまし

インターネットは社会基盤としての位置付けが明確になり、高い可用性が求められている。さらに、近年は、生活に密着したインターネットの利用が広がるにつれ、わずかの性能低下でもその影響が甚大になりつつある。例えば、電子ショッピングサイトの応答時間の増加は、即座にサイトの売上減少につながる。このような性能障害への対応の重要性が増しているが、従来の性能管理や障害管理では、サービス個々の性能低下をきめ細かく解析診断するまでには至っていない。とくに、オープン環境では、多様な機器、多様な事業者のネットワークでエンド-エンドサービスが構成されるため、技術的にも解明は難しい。そこで、富士通では、これらの問題を解決し、次世代ネットワークで求められる要件を満たすための技術開発を行っている。

本稿では次世代ネットワークに向けた研究開発状況を紹介する。現状の問題への対策としてネットワークの障害解析技術とネットワーク評価技術を紹介し、そして、これらの技術の発展としてネットワーク運用管理の自律化へ展開する技術について紹介する。

### Abstract

Clearly positioned as part of the social infrastructure, IP networks must offer high availability. Moreover, as our daily lives have recently become more dependent on IP networks, any performance degradation in these networks can significantly impact our lives. For example, an increase in the response time of an Internet shopping site will immediately lead to a decrease in site sales. However, existing technologies such as performance and fault management are currently not able to sufficiently analyze this performance degradation factor. Particularly, in open systems, the problems to be solved are quite complex because the end-to-end services are composed of various network devices and network providers. Fujitsu is therefore developing technologies to solve these problems and meet the demands of next-generation networks. This paper introduces our research activities for next-generation networks. It then introduces network fault analysis and evaluation technologies for solving the current problems. Lastly, it discusses technology migration toward autonomous network operation and management.



野島 聡(のじま さとし)  
フォトニックネットワーク研究所  
所属  
現在、ネットワークヘルスケア技術、およびノード技術の研究開発に従事。



福山訓行(ふくやま のりゆき)  
Web&IPシステム研究センターIP  
サービス研究部 所属  
現在、ネットワークヘルスケア技術、およびIPサービス品質管理技術に関する研究開発に従事。

## まえがき

ITシステムを支える次世代のネットワークに求められるものは何だろうか？サーバ、データベース、アプリケーションなどITシステムの様々な機器、機能がユビキタス社会の実現に向けて展開され、ITシステムの基盤であるIPネットワークは、企業、家庭を問わず社会インフラとして急速に浸透している。ネットワークがITシステムの基盤としての役割を確立していくためには、エンド-エンドの接続を安定に提供し（高可用性）、かつ安心できる品質保証が求められるとともに、ネットワークシステムとしての確実かつ安定な運用性、そしてITシステムの基盤として各種要求に柔軟に対応できる機能が求められる（図-1）。

一方、ITシステムのトラブルの事例を分析してみると、その障害箇所の多くが通信経路であり、さらに、原因の多くが設定ミス、仕様の誤解といった人為的なミスと報告されている（図-2）。現在のネットワークは、VPNサービス、またはインターネットサービスとLANを組み合わせる構成が一般的となり、管理主体すら異なるネットワークの複合体の割合が増加している。一つのネットワークを見ても構成機器は多岐にわたり、マルチベ

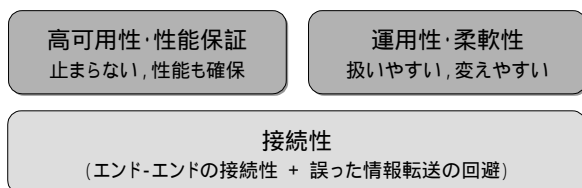


図-1 ネットワークの要件  
Fig.1-Requirements for network.

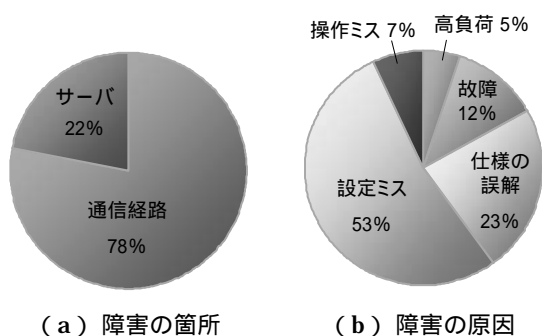


図-2 障害の原因と箇所  
Fig.2-Cause and location of troubles.

ンダ化が進んでいる。上記のように人為的なミスとされる事象は、むしろネットワークの複雑さ、多様さの裏返しであり、つまり多くを人手に頼らざるを得ないことが問題と考えるべきである。さらに障害の原因究明に多くの労力と時間が費消されていることも問題として現れてきている。

次世代のネットワークでは、これらの問題を解決し、ネットワークの要件のうち、可用性・運用性を満たすために、ネットワークの構築から運用に至るまで障害内容の可視化や障害の未然防止を目指すネットワーク運用管理の自律化機能を獲得することが必須である。

本稿では、自律化の第一歩として障害解析技術、ネットワーク評価技術について紹介し、そしてこれら技術をベースとしてネットワーク運用管理の自律化へ向けた展開を紹介する。

## 障害解析技術

ITシステムのトラブルの多くは、エンドポイント機器（サーバ、クライアントなど）での不具合として発生する。何かおかしい、性能が出ていない、といった一種感覚的なものである。しかし現在では障害の内容を定量的に把握することも困難であり、また原因箇所を切り分けるための十分な管理情報も提供されていない<sup>(1),(2)</sup>。著者らはこれらの問題を解決するため、トラブル解析・分析を効率的に進めるための技術開発を行い、解析用ツールNetSpanner（Network Service Performance Analyzer & Tuner）を開発した（図-3）。

NetSpannerは、PC上で動作するソフトウェアとして構成され、被疑ネットワーク経路上のいずれかの箇所にハブ、スイッチなどを介して接続し、計測・解析を行う。現在障害解析に一般的に使われて

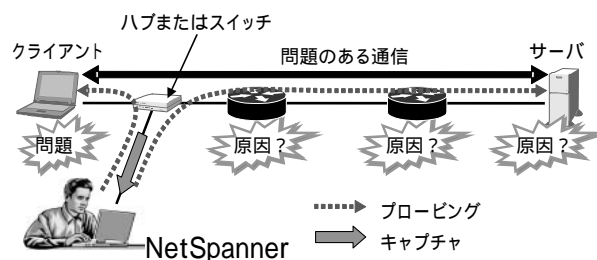


図-3 NetSpannerによるネットワーク障害解析  
Fig.3-Network fault analysis by NetSpanner.

いるMIB (Management Information Base) などの情報は統計的・履歴情報であり、性能不全などのトラブル解析に不可欠リアルタイムな動作を観測するには不相当である。そのためNetSpannerでは、パケットまたはセッションを個々にかつリアルタイムに観測し、その動作を計測・評価する。その上で様々な観点で分析を加え、問題の原因・箇所を特定する。

#### NetSpannerの機能

NetSpannerは以下の二つのフェーズに分けて動作し、問題の定量的な把握と問題の箇所・原因の特定を行う(図-4)。

##### (1) 第1フェーズ

被疑セッションの状態・特性など、伝送系の各種パラメタ(往復伝搬遅延、遅延、ジッタなど)を定量的に把握するフェーズであり、ネットワークに対して受動的なパケットキャプチャリングのみを行う。

##### (2) 第2フェーズ

第1フェーズで実施した解析の結果、いくつかの想定障害が指摘された場合、第2フェーズに移行する。試験パケット送出を伴うアクティブな処理により、状態を詳細に解析し、問題の箇所・原因を特定する。また、各種解決結果により障害の原因・箇所の探索にいくつかのアプローチ指針の提供を可能としている。

#### NetSpannerに搭載している解析機能

NetSpannerには、各種の解析機能を一連の解析ツールとして搭載しており、これら解析機能は現在も拡張、展開を進めている。現在までに開発した解

析機能を表-1に示す。

以下にNetSpannerでの解析の一例を挙げる。

##### (1) 第1フェーズ

被疑セッションのパケットを観測しシーケンス妥当性を検証し、総処理時間の分析からネットワークでの転送時間とアプリケーションの処理時間の比率(シーケンス解析)を確認する。また実スループット、パケットロス率、往復伝搬遅延時間などを計測する。これらネットワークの定量的なデータから、スループット期待値と、実測値との比較を行い、さらなる異常を検知する(スループット解析)。

##### (2) 第2フェーズ

第1フェーズにおいて異常が検知されると第2フェーズに移行する。可能な帯域幅の検知(リソース容量解析)によって、TCP (Transmission Control Protocol) の受信ウィンドウサイズの検知や送信ウィンドウサイズの想定を行い、伝搬遅延時間との整合性を指摘する。さらに、パケットロスが主要因と考えられた場合、そのロスの原因をジッタ量の分布、ロス受信間隔パターン、パケット長への依存性などから総合的に判断し、障害箇所を特定できる。

### ネットワーク評価技術

ネットワークトラブルを複雑にしている問題の一つに、日々新たなサービスやアプリケーションが搭

表-1 解析機能

解析	機能
TCPシーケンス解析	TCPシーケンスを解析し、トラブル原因の切分け(ネットワーク、サーバ、エンド)を可能とする。
スループット解析	セッションスループット期待値算出と実測値の比較により各種設定(ウィンドウサイズなど)の整合性を確認する。
パケットロス原因解析	遅延ジッタ量・ロス量相関分析により、パケットロス原因(ノードまたは伝送路)の切分けを行う。
パケットロス箇所解析	パケットロスによるパケット間隔時間の分析により原因箇所の絞込みを可能とする。
パケット長依存性解析	パケット長とパケットロスの依存性から、パケットロス原因の絞込みを可能とする。
設定不整合解析	機器の動作設定(HDX・FDX)の不整合の発見、箇所の切分けを可能とする。
リソース容量解析	遠隔に位置する伝送路の使用可能帯域を計測する。
ループ箇所解析	パケットループの発見、ループ接続箇所の指摘を可能とする。
アドレス重複解析	IPアドレスの重複設定の検出が可能

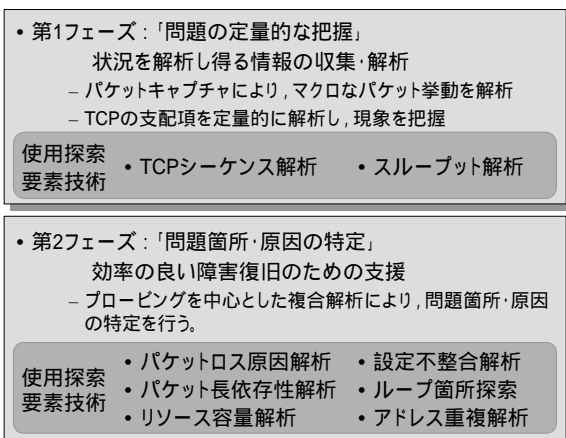


図-4 NetSpannerの解析フェーズ  
Fig.4-Analyzing phases of NetSpanner.

載され、ネットワークが変化していくことが挙げられる。また、事前に十分な評価が行われていないことも一つの要因となる。これらが特徴的に発生する事象が、既設データネットワーク上へのVoIPサービスの搭載時に見られる。著者らは、この問題を解決するため設計情報・機器情報をもとに、既設・新設のネットワーク全域の特性把握を行い、VoIPサービス搭載時の音声品質を事前評価するツールとしてVoIP Planner (VoIP Network Analyzing & Planning Tool)を開発した。

VoIP Plannerは、設計情報（構成、構成機器、仕様）などからネットワーク全体品質を把握する。以下に示すようにネットワークの評価とシミュレーションの両面の機能を実現しており、クリティカルポイントの指摘、ネットワークのライフサイクルにわたっての品質維持に役立てることをねらいとしている（図-5）。

#### VoIP Plannerの機能

VoIP Plannerは、以下の二つのフェーズに分けて、ネットワークの評価とシミュレーションの両面の機能を実現している。

#### （１）第1フェーズ：ハイブリッド品質評価

##### ・設計情報からの品質評価

ネットワークの構成要素ごとの品質パラメータと、網の構成、エンドポイント機器の諸元を総合的に解析し、音声品質の事前評価を行う。

##### ・実網計測による品質評価

VoIP導入後に表面化するQoS制御や、日・週単位のトラヒック変動による影響など、設計情報より

得られなかった品質パラメータを評価するため、VoIP擬似トラヒックにより既存ネットワークの計測を行い、品質パラメータを補正する。

#### （２）第2フェーズ：音声の体感シミュレーション

ハイブリッド品質評価で得た品質パラメータをもとに、新規構築ネットワークでのパケット挙動をソフトウェアによりシミュレーションし、ハンドセットを使って実際に音声通話を行い音声品質を確認する。

#### 適用技術

#### （１）揺らぎ影響評価技術

IP電話では、通信のリアルタイム性を確保するため、パケット転送の揺らぎの評価が重要である。本ツールでは、音声パケットの到着時刻予測と実際の到着時刻のずれの分布から、品質に与える影響を評価可能としている。

#### （２）シミュレーションによる音質評価技術

ハイブリッド品質評価により取得した品質パラメータにより、IP電話導入後の音声を、実際に使用する機材を用いて確認可能とした。本シミュレーションにより数値だけでは分かりにくいVoIP網導入後の最悪値・平均値などの評価結果を、VoIP専門技術者以外でも、確認を容易とするだけでなく、機材（ゲートウェイ・クライアント）の取替えや品質パラメータの変更などによる適切なネットワークの評価を可能とする。

なお、本ツールは、総務省が定めるガイドラインから参照されており、実質的な業界標準であるIP電話通話品質評価の仕様JJ-201.01（ITU-T G.107 E-Modelを参照、旧TS-1001）に準拠している。

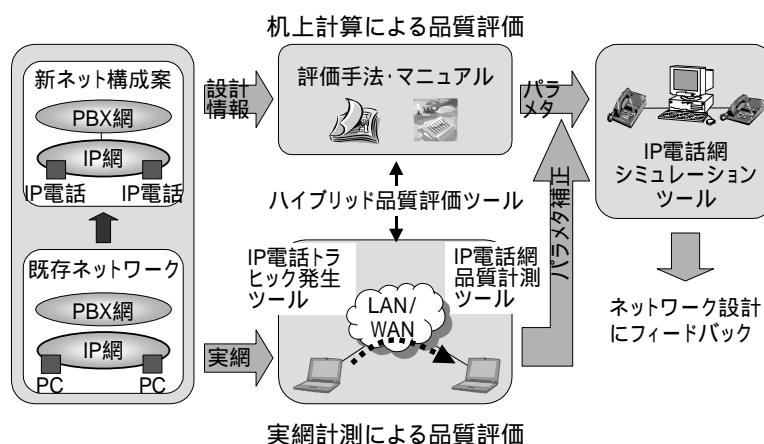


図-5 VoIP Plannerによるネットワーク評価  
Fig.5-Network evaluation by VoIP Planner.

## 今後の発展

前章まで、ネットワークの障害時の解析をより効率的に実施する技術、および設計情報からネットワーク全体品質を評価する技術を紹介した。本章では、次世代のネットワークで求められるネットワーク運用管理に対して、自律化機能を獲得する上での今後の課題、柔軟性のある監視・制御アーキテクチャの開発、次世代ネットワーク運用管理へのシナリオを紹介する。

### 自律化機能獲得に向けた課題

#### (1) より細分化した単位でのリアルタイム監視・制御

現状のIPネットワークではトラフィック量など履歴、統計情報を収集し、ネットワークの最適化を目指したプロビジョニングに利用している。しかし、VoIPなどのP-P型（1対1の通信）、かつリアルタイム性を要求するサービスでは、セッション個々をとらえたリアルタイムな品質監視が必要である。さらにWebサーバアクセスでは一つのトランザクションを構成する複数セッションを一単位として監視する必要がある。前述のNetSpanner、VoIP Plannerで紹介したリアルタイムなセッションごと、さらにはパケットごとのシーケンス解析、性能解析は今後のネットワーク運用管理機能には必須と考えられる。

#### (2) 障害未然回避への発展

NetSpannerでは、設定不整合またはレイヤ2のループ異常の検知機能など、ネットワークの不整合の指摘機能を持っている。これらは構成管理プロトコルとして利用されているSTP（Spanning Tree Protocol）などでは発見できない事象を検出してい

る。しかし、異常事象が発生した後の発見、被疑箇所の絞込みにとどまり、異常事象の未然防止は今後の課題である。ネットワーク高可用を実現するために、これらネットワーク構成の異常を未然に防止する制御への展開も考慮していく必要がある。

#### (3) ライフサイクルマネジメント

ネットワークの管理・制御はその設計・構築・メンテナンスを含めたライフサイクル全般にわたった一貫した品質を求められる。著者らの開発した技術、例えばVoIP Plannerは、ネットワークの変動を前提とした柔軟な品質設計を可能にする技術であると同時に、ライフサイクルにおける設計・構築フェーズの自動化をねらったものである（図-6）。NetSpannerやVoIP Plannerで開発した要素技術をベースにして、ネットワークの変動を予兆の段階で把握し、品質劣化に至る前に、短期的、中長期的な対策により品質を維持する未然防止の管理機能を持った自律マネジメントの実現を目指していく。

#### 次世代の監視・制御のアーキテクチャ<sup>(3),(4)</sup>

ネットワーク、とくにIPネットワークは、その接続の容易さと、ネットワーク需要が相まって、日々変化していくものととらえる必要がある。規模、構成、機器、セッション量、トラフィックとすべてのパラメータは変動していく。今後、ユビキタスアプリケーションの進展とともに、その変動幅は一層の広がりを見せると予想される。このような動的なネットワークの運用管理には、ネットワークの変動を逐次吸収し、動的に最適化を図っていく自律的な制御への移行が必要とされる（図-7）。さらに、前述したような各種のきめ細かい監視・制御を併せ持つアーキテクチャの開発が必要であり、その実現には

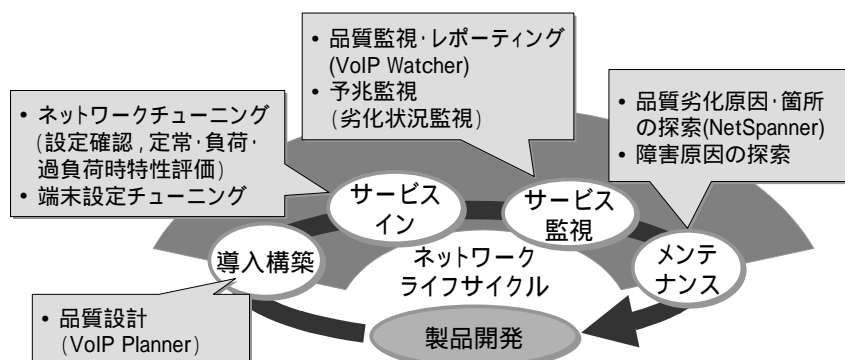


図-6 ネットワークのライフサイクルマネジメント  
Fig.6-Network life cycle management.

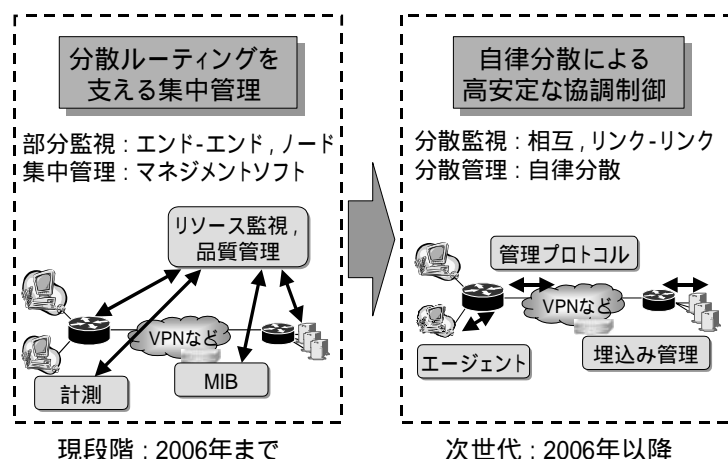


図-7 ネットワーク運用管理の進展  
Fig.7-Migration of network management.

従来のようなエンドでの監視にとどまらず，ネットワーク構成機器もその一翼を担うことが求められる<sup>(5)</sup>

次世代ネットワーク運用管理へのシナリオ

次世代ネットワーク運用管理の実現には，今回紹介した技術を含む多くの技術開発が必要であり，以下のような移行ステップに従って順次着実に進展させていくことが必要である。

#### (1) 第1ステップ：監視機能の実現

ネットワーク中継段での各種監視を実現する。各セッションのスループット，レイテンシ（遅延），それらの変動，またはネットワークの経路の正常性監視，さらには異常検知をネットワーク中継段機能として実現し，ネットワーク運用管理に反映させる基礎を確立する。

#### (2) 第2ステップ：監視結果の集約・判断

各種の監視結果をもとにネットワーク状態，品質状況などを管理可能な情報に構成する。これらにより，ネットワーク全域にわたった品質維持の基盤を構築する。

#### (3) 第3ステップ：異常の局所化・修復

自律的なネットワーク修復を実現する。そのためには，修復の単位定義の必要性などの各種課題を解決する必要がある。

### む す び

本稿では，社会インフラとして位置付けられる次世代ネットワークに対応した要件と，それに応える

ネットワークの障害解析技術とネットワーク評価技術の現状，そしてこれらの技術を踏まえた次世代ネットワーク運用管理の展開を紹介した。これらの技術開発はいまだ一端に触れたばかりであり，今後着実な進展に向け，技術開発・実運用を順次進めていきたい。

#### 参 考 文 献

- (1) T. Chen et al. : Internet Performance Monitoring . Proc. of the IEEE , Aug. 2002 , p.1592-1603 .
- (2) D. Gunter et al. : Dynamic Monitoring of High-Performance Distributed Applications . Proc. of the 11th IEEE Symposium on High Performance Distributed Computing, HPDC-11 , July 2002 , p.1-8 . <http://www.didc.lbl.gov/NetLogger/>
- (3) T. Lindh : A New Approach to Performance Monitoring in IP Networks - combining active and passive methods . Passive and Active Measurement Workshop Proceedings , Fort Collins, Colorado, USA , Mar. 2002 , p.128-137 .
- (4) D. A. Patterson : Availability and Maintainability >> Performance: New Focus for a New Century . USENIX Conf. on File and Storage Technologies(FAST 02) , Jan. 2002 .
- (5) 勝山恒男ほか：プロアクティブな運用管理を実現するセンタ/ネットワークの統合管理技術．FJITSU , Vol.54 , No.5 , p.396-401 ( 2003 ) .