Technology Reports

障害検知 サイレント障害 All-IPネットワーク

Technology Reports

All-IP ネットワークの高度化技術特集―コアネットワークの進化―

大規模 IP ネットワークにおける高精度な障害切分けシステムの開発

近年，IPネットワークの安全性・信頼性を確保するためのさまざまな技術が検討されている．その検討課題の1つであるIPネットワークにおけるサイレント障害の迅速かつ正確な検知と，その障害箇所特定を実現するシステムを開発した．これにより，サイレント障害に伴う大規模なサービス障害を未然に防ぐことができ，ユーザへ高品質なサービスを提供することが可能となる．

なお，本開発は富士通株式会社と共同にて実施した．

ネットワーク開発部 神野 裕宣（こうの ひろのぶ） 宮脇 豊（みやわき ゆたか）

ドコモ・テクノロジ株式会社 ネットワークマネジメント事業部 加藤 大世（かとう たいせい） 池田 稔（いけだ みのる）

1. まえがき

近年，ネットワーク技術の発達によりブロードバンドが普及し，IP電話や電子メールなどの多様なIP系サービスが提供されている．また，それらを支える通信インフラとしてのIPネットワークについても，社会的な重要性が高まっている．

その一方で，ネットワークの大規模化に伴い，障害事例の顕著化や社会的影響が拡大しており，総務省主導（情報通信審議会）で「大規模IPネットワークの運用課題」の検討が行われている．その中で，大規模IPネットワークの安全性・信頼性を確保する重点対策として，「IPネットワークの早期異常検知機能等の設備監視技術と予備系装置への自律切替などの研究開発」や「故障箇所の特定及び故障原因の特定の迅速化対策」[1] [2]などの検討が進められており，検討課題の1つにサイレント障害の検出と障害の発生箇所（以下，障害箇所）特定がある．

通常，IPネットワークにおける通信装置の障害を検知するには，TELNET（Telecommunication Network）[*1]，SNMP（Simple Network Management Protocol）[*2]やSYSLOG[*3]といったプロトコルを用いる．そして監視対象となる通信装置から通知される情報および該当機器への定期的な機器状態の問合せ結果を収集・表示する．保守者はその情報に基づいて障害解析および障害復旧を実施している．しかし，通信装置内におけるバグや障害検知部およびメインプロセッサ部の故障などに起因する障害が発生した場合には，通信装置自身が障害を認識できず，したがって警報も発生しないため，監視システムでの障害検知が不可能となる．このような障害をサイレント障害と呼ぶ（**図1**）．この種の障害はその発見が認識されにくいため，障害復旧が遅延し，時に大規模障害として，通信ネットワークを使う多くのユーザに影響をおよぼす恐れがある．

そこで，ドコモと富士通株式会社は，IPネットワークにおけるサイレント障害を迅速に検知・特定するためのシステムを共同開発した[3]．これにより，2010年12月に予定しているLTEの導入に向けてドコモが進めているネットワークのAll-IP化において，障害発生時におけるサービ

＊1 **TELNET**：TCP/IPネットワークにおいて，遠隔地にあるサーバを目の前のコンピュータから遠隔操作できるようにする仮想端末ソフトウェアまたはそれを可能にするプロトコル．

＊2 **SNMP**：TCP/IPネットワークにおいて，ルータやコンピュータなど，ネットワークに接続されたネットワーク機器を監視・制御するためのプロトコル．

ス復旧時間の短縮を図ることが可能となり，ユーザへより安心・安全かつ快適なサービスを提供することができる．

本稿では，サイレント障害切分けシステムの概要と，その核となる「サイレント障害検出機能」および「サイレント障害発生区間特定機能」について概説する．

2. 従来のサイレント障害検出技術

サイレント障害を検出するものとして，アクティブプローブと呼ばれる擬似通信データの試験パケットを送受信する装置にて，疎通確認を実施する疎通監視システムがある．その概要を**図2**に示す．このシステムでは，アクティブプローブを監視対象の通信ネットワークに接続して各アクティブプローブ間で通信を実施し，通信が異常となった場合に警報が発生する．しかしこの疎通監視システムでは，各アクティブプローブ間における通信異常は検知できるが，その異常が何に起因するものであるかは判断できない．そのため，サイレント障害だけではなく，従来の監視システムで検知可能な障害に起因する疎通異常でも警報が発生してしまい，保守者は従来の監視システムと疎通監視システムそれぞれでの警報発生状況を確認し，総合的な判断を下す必要がある．また，その際に疎通異常となったアクティブプローブ間での通信がどのような経路を通ったか，その疎通異常に関係しそうな通信装

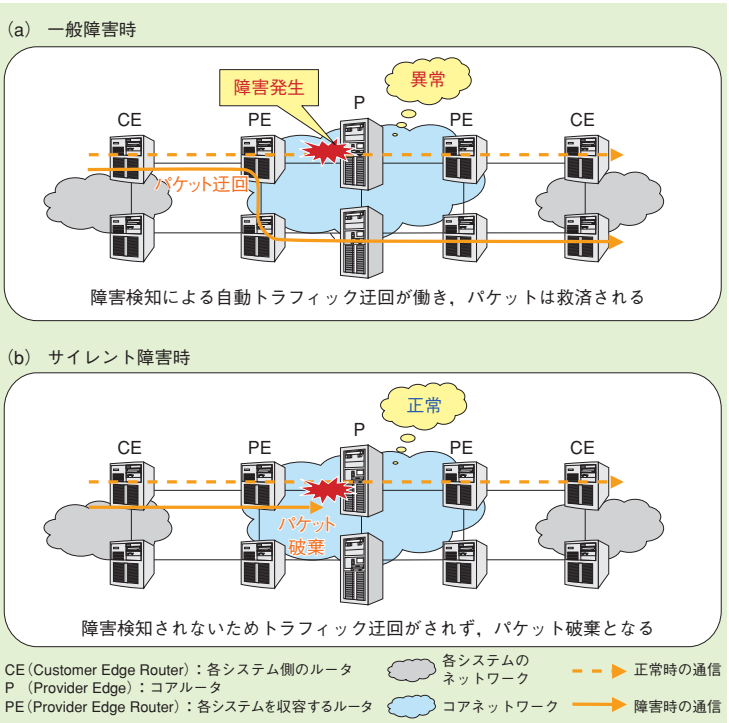

図1　IP ネットワークにおけるサイレント障害発生時の影響

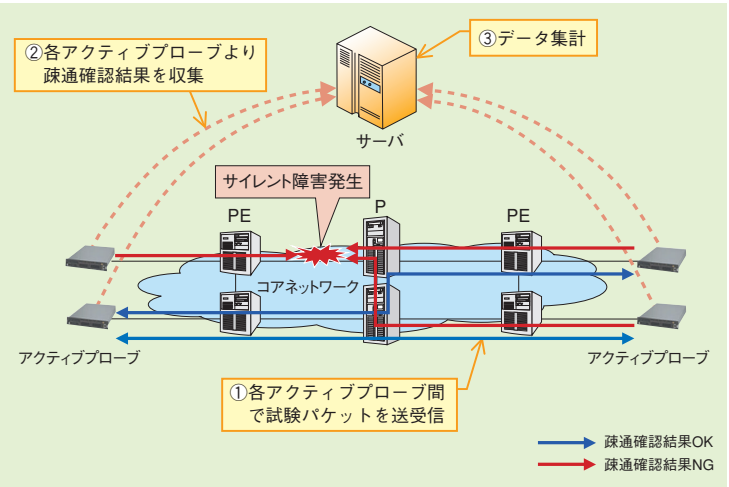

図2　従来の疎通監視システムの概要

＊3 **SYSLOG**：システム動作状況やエラーメッセージなどを記録し，ネットワークを通じて他のコンピュータとその記録を送受信するためのプロトコル．

置および警報は何があるのかを，保守者が判断する必要がある．

このように，従来の監視システムおよび疎通監視システムによってサイレント障害を発見するには，高度な技能をもった保守者が多くの時間をかけて探索することが必要である．また，サイレント障害を単純に検知するだけではなく，通常の障害とサイレント障害を区別したうえで，その障害箇所を迅速かつ正確に特定する技術が必要となる．

3. サイレント障害切分けシステムの特長

従来技術における課題を克服するため，サイレント障害検出機能およびサイレント障害発生区間特定機能を開発し，IPルータ網監視システムのサブシステムとして，それらの機能を有するサイレント障害切分けシステムを構築した．サイレント障害切分けシステムの概要を**図3**に示す．

3.1 サイレント障害検出機能

サイレント障害の事象としてサービス疎通断とサービス品質劣化の2つがあるが，前述の疎通監視システムでは，サービス疎通断のみを対象としている．しかし，断続的なパケットロスなどによりレスポンスが悪化するサービス品質劣化についても，状況が長期化するとサービスが不通となる可能性があり，その検知も重要となる．

そのため，サイレント障害検出機能では，疎通確認を行うと同時にパケットロス率や伝送遅延といった品質確認も併せて行うこととした．これにより，疎通断・品質劣化の両者を把握することが可能となる．

サイレント障害検出機能の概要を**図4**に示す．プローブコレクタおよびプローブマネージャは，試験用パケットの送信側（以下，送信側プローブ）と試験用パケットの受信側（以下，受信側プローブ）を制御する上位サーバである．処理の流れは次のとおりである．

①送信側プローブは，送信パケットサイズやその送信間隔などの測定条件に従って，試験用パケットを送信する．測定条件は，プローブマネージャで初期条件に基づいて作成され，プローブコレクタから配信される．

②受信側プローブは，送信側プローブからの試験用パケットを受信する．

③送信側プローブ（対地）と受信側プローブ（対地）から試験結果をプローブコレクタで収集し，プローブマネージャにて対地と対地との間の疎通断と品質劣化を判定する．

なお，本機能における検出対象の障害としては，特定リンク（ルータの接続区間）における完全疎通断だ

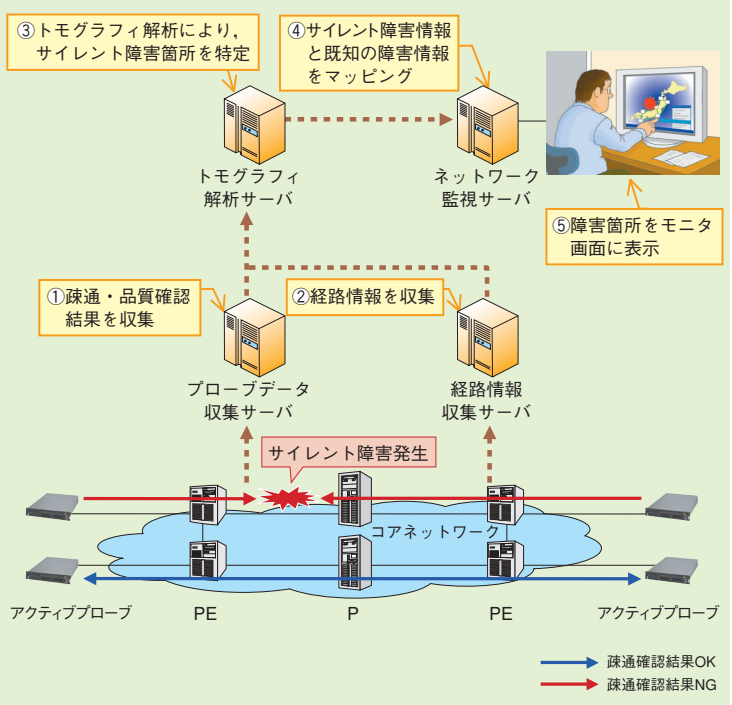

図3 サイレント障害切分けシステムの概要

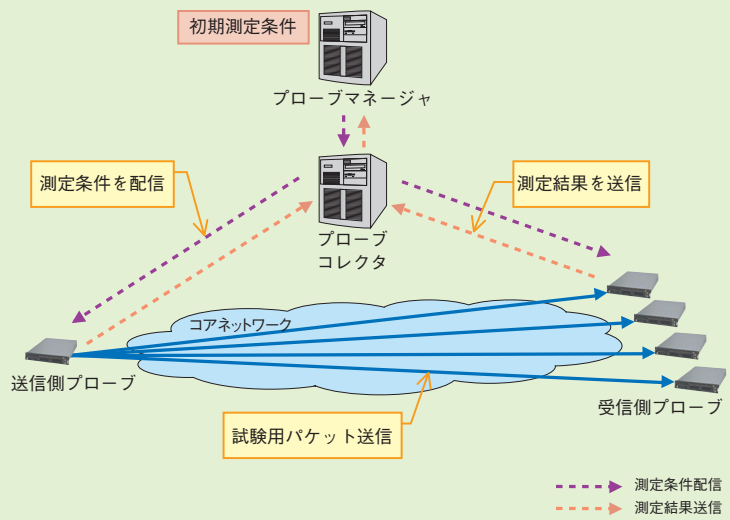

図4 サイレント障害検出機能の概要

けではなく，特定リンクにおける一部（特定対地）の通信のみの疎通断についても検出対象としているため，1つの送信側プローブは，ネットワークに配置された全プローブ（自プローブを除く）を受信側プローブとして，全対地の受信プローブへ試験用パケットを送信している．

3.2 サイレント障害発生区間特定機能

サイレント障害発生区間特定機能は，サイレント障害検出機能により収集した測定結果と，後述する経路情報取得機能にて生成された経路情報および従来のネットワーク監視機能から取得可能な装置状態を総合的に分析することにより，障害箇所を迅速に特定することを可能とする．

(1) 経路情報取得機能

本機能は，ネットワークの経路情報を収集し，ルーティング情報を解析することにより，各ルータ間の経路情報を算出する．生成された経路情報は，後述するトモグラフィ機能より参照され，障害箇所の特定に用いられる．なお，今回対象となるネットワークにおいては，ルーティングプロトコルとしてOSPF（Open Shortest Path First）[*4]が用いられており，経路情報としては，OSPFにおけるリンク状態広告（LSA：Link-State Advertisement）情報を収集する．

経路情報の生成方法は次のとおりとなる．

①OSPFネットワークの各エリアのあらかじめ指定したルータからLSA情報を取得．

②取得した情報を基に最小経路パス（SPF：Shortest Path First）を計算．

③ルータ間の経路を生成．

(2) トモグラフィ解析機能

本機能は，サイレント障害検出機能により収集した測定結果と経路情報取得機能により生成された経路情報を基に，障害箇所を迅速に特定する．トモグラフィ解析の概要を**図5**に示す．

トモグラフィ解析とは，一般的に物体をいくつかの断面に切り分けて内部を視覚化する解析手法を指すが，ここでは疎通・品質測定結果とルータ間の経路情報を重ね合わせることで，障害となったリンクを特定する解析手法を指す．なお，今回用いたトモグラフィ解析手法は，株式会社富士通研究所が開発した独自手法[4]であり，次の特長をもつ．

①アクティブプローブが接続されたルータを起点として，上位／下位リンクの接続関係を基にルータホップごとに切り分け，解析を繰り返すことでシンプルに適解を導出．

②測定結果を並列に処理し，重ね合わせることで，計算時間を短縮しつつ障害箇所の特定が可能．

③発生確率が高い順に障害が発生した被疑箇所パターンを導出可能．

本方式を用いることで，解析における計算コストを最大8分の1程度まで削減可能となり，高速な障害切分けが可能となる．

＊4 **OSPF**：ルーティングプロトコルの1つ，コストと呼ばれるインタフェースの重み値を示す数値情報に基づいて，最小コストとなる経路を選択する．

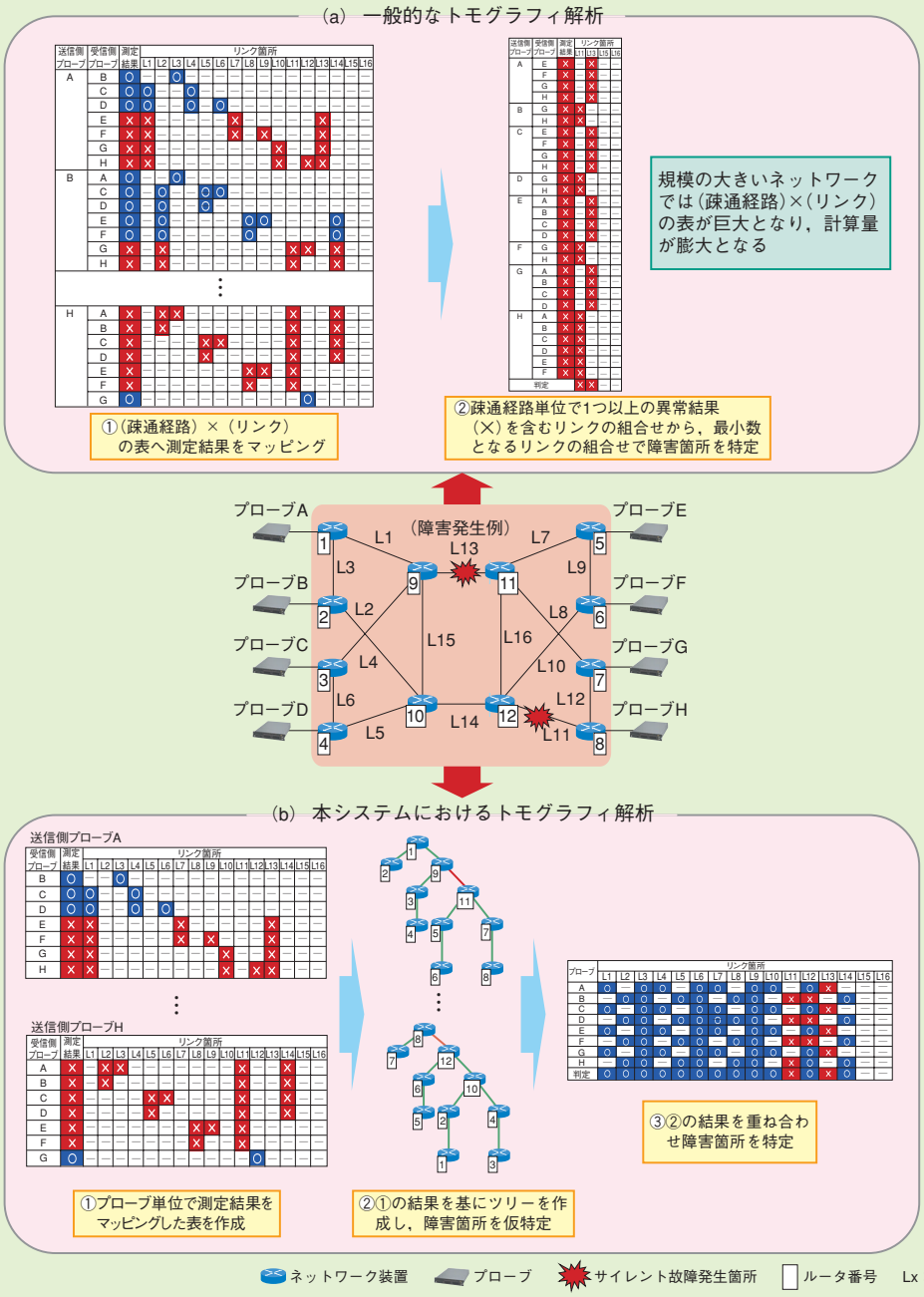

図5　トモグラフィ解析の概要

(3)従来のネットワーク監視機能との連携機能

トモグラフィ解析機能にて特定されたリンクにおける障害は，従来のネットワーク監視機能において検出済みの障害である可能性がある．そのため本機能では，ネットワーク監視機能と連携し，トモグラフィ解析機能とネットワーク監視機能それぞれで検出された障害の相関を分析したうえで，必要最小限の障害情報を保守者へ通知することを可能とする．

4. あとがき

本稿では，IPネットワークにおけるサイレント障害を迅速かつ正確に検出し，障害箇所を特定するためのサイレント障害切分けシステムの概要について解説した．

本システムにおいては，ほかにもネットワーク機器の装置更改や収容替えに伴うアクティブプローブのシナリオ自動配信機能や設定情報の投入支援機能など，キャリアネットワークでの運用を円滑に実施するための機能も実現している．

また，本システムは2009年12月に商用導入済みであり，IPルータ網の安定稼動に寄与している．

今後は，サイレント障害を検知した際の自動経路迂回機能について検討を進めていく予定である．

文　献

[1] 情報通信審議会諮問第2020号：“情報通信ネットワークの安全・信頼性対策に関する事項（一部答申），”May 2007.
[2] 情報通信審議会諮問第2020号：“ネットワークのIP化に対応した安全・信頼性基準に関する事項，”Jun. 2008.
[3] NTTドコモ報道発表資料：“ドコモ・富士通の2社でIPネットワークにおける障害検出および発生区間特定技術を共同開発，”Dec. 2009.
[4] 松田 英幸，藤中 紀孝，小川 淳，村本 智宏：“次世代ネットワークの「見える化」を実現するProactnesII，”雑誌FUJITSU，Vol.60，No.4，pp.387-392，Jul. 2009.