

Webを用いたネットワーク構成視覚化システムの構築

金井 秀明 辻 貴孝 箱崎 勝也

電気通信大学大学院情報システム学研究科

概要

本稿では、Web上にネットワークの経路、RTTやバンド幅の情報を視覚化するシステムについて報告する。ネットワーク管理を行う上で、ネットワークの状況を把握することは重要である。そのため、通常、ネットワーク管理者はtracerouteやpingなどのコマンドを利用している。しかし、コマンドの出力だけでは複数のノードに対するネットワークの構成を把握するのは難しい。そこで、本研究では、WWWを通してこれらのコマンドを利用し、そこで得られる情報をもとにネットワークの構成を視覚化する。これにより、システムの利用者は、視覚化したネットワークの構成から、各ノードまでのRTTやノード間のバンド幅を容易に把握できる。また、システムで過去の履歴をとることで、ネットワークの構成の変化を再現できる。

Construction of a Network Topology Visualization System with Web-Based Information Visualization

Hideaki KANAI, Takayuki TSUJI and Katsuya HAKOZAKI

Graduate School of Information System, University of
Electro-Communications

Abstract

This paper presents a network topology visualization system using Web-based information visualization. This system obtains network topology information such as network routing, RTT(Round Trip Time) and bandwidth using usual system commands, and visualizes the topology based on these information in VRML browser on a WWW client. Moreover, the system automatically stores the information logs, and exhibit the change of topology to users. The system enables users to grasp the topology information from one server to arbitrary nodes with simple operations.

1 はじめに

近年、インターネット利用の増加により、ネットワーク管理において様々な問題が生じている [1]。たとえば、「ネットワーク接続機器の多様化」や「ネットワーク利用者の変化」が挙げられる。機器の多様化により、ネットワーク管理者は従来のようなUNIXワークステーションだけでなく、MacOSやWindows95に代表されるパーソナルコンピュータを含んだネットワークに対応する必要がある。また、従来のようにネットワーク・計算機技術者だけがネットワークを

利用するのではなく、様々なバックグラウンドを持った人がネットワークを利用するようになっている。それにとまない管理者も多様化し、従来のようなコマンドベースの管理ツールだけでなく、より使いやすいツールが必要である。

一方、ネットワーク管理、特に大学の研究室のような小規模なネットワーク管理では、従来より“traceroute”や“ping”などのコマンドベースのツールが利用されてきた。これらは製品ベースのツールと比べると機能は劣る。しかし、様々なプラットフォーム

の計算機に標準で用意され、さらに利用方法も標準化されているため容易に利用できる。ただし、これらのツールは個々の機器の状態を把握するには有効であるが、ネットワーク全体の状態を把握するには、管理者がそのための処理スクリプトを用意する必要がある。

本研究では、監視対象を限定せずに、様々なプラットフォームの計算機から簡単な操作によってネットワーク全体の状態（ネットワーク構成）を把握するツールが必要であると考え、そこで、先のツールを Web から利用し、得られる情報を利用して視覚的にネットワーク構成を利用者に提示する。また、システムが履歴データを管理し、現在のネットワーク状態と比較し、その結果を利用者に提示する。このようなシステムの構成について以下に述べる。

2 システムの設計方針

本システムでは、様々なプラットフォームの計算機が接続されているネットワークを想定した。そして、システムを設計するにあたり、以下の方針をとった。

(a) 標準で装備されているツールの利用

システムの汎用性やプラットフォームの多様化の点から、本システムでは多くのプラットフォームで標準的に用意されている管理ツールを利用する。また、これらのツールは従来から管理者によって利用されてきたものであり、システムを利用する際の利用者の負荷が軽減されると考えられる。

(b) 特別なエージェント機能を使わない

現在、ネットワーク管理には、一般的に SNMP に対応したネットワーク管理システムが利用されている。そして製品ベースのツールだけでなくフリーウェアのツールも利用できる。また、現在利用されているネットワーク機器（ルータやハブなど）の大部分は、SNMP のエージェント機能を標準で持ち、SNMP による機器管理を行える。しかし、ワークステーションやパーソナルコンピュータを SNMP で管理するには、あらかじめ各機種に対応したエージェントを用意し、さらに各計算機にエージェントの設定を行う必要がある。そのため、監視対象を柔軟にかつ迅速に変更するのが困難である。また、管理

者でないネットワーク利用者がネットワークの調子が悪いと思ったときに、積極的に自らネットワークの状態を把握することが難しく、一部の管理者により管理負担を強いることになる。さらに、ツールを利用する上で SNMP に関する知識が必要であり、そのことが特に経験の浅い管理者にとって負担となる。そこで、本システムでは、監視対象にあらかじめ手を加えるような管理方法を導入しない。

(c) ネットワーク状態の視覚化

標準的に用意されたツールの大部分はコマンドベースであり、その出力結果はテキストベースである。監視対象の状態を個々に把握するには有効であるが、複数の対象もしくはネットワーク全体を把握するには、必ずしも適当でない。そのため、管理者が処理スクリプトを用意するなどして、対応する必要がある。そこで、本システムでは、ツールからの出力結果を視覚化し、簡単に複数の対象もしくはネットワークの状態を把握できるようにする。

(d) Web 環境の利用

現在、様々なプラットフォームの計算機が利用され、それにともない、管理・監視システムはプラットフォームに依存しない形態が望ましい。また、利用者だけでなく管理者も多様化しているため、すべての管理者が必ずしも経験のある人であるとは限らない。そこで、本システムは Web 上にシステムを構築し、一般的な WWW ブラウザを使って本システムを操作する。そして WWW ブラウザの操作ができる人ならば、本システムが利用できるようにする。

(e) 簡単なシステム操作

従来の管理システムではシステムごとの操作方法の違いから、とくに経験の少ない管理者にとっては負担になっていた。そこで、本システムは、ちょうどビデオ操作のような、「録画」、「再生」と「コマ送り」というメタファを導入する。「録画」が「監視開始」、「再生」が「履歴データの参照」、そして、「コマ送り」がスライダーによる「履歴データのステップ参照」とする。

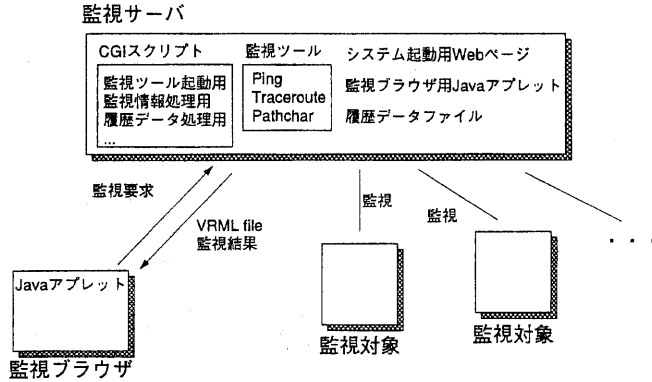


図 1: システム構成

3 システム概要

3.1 システム構成

システムの構成を図1に示す。監視処理を行う監視サーバ、監視要求の発行および監視結果の表示をする監視ブラウザで構成され、それぞれWWWサーバ(httpサーバ)およびWWWクライアント(Webブラウザ)で実現されている。以下に各要素について述べる。

監視サーバ: 監視ツールを使って監視対象ごとの監視情報を取得する。さらに監視情報を監視ブラウザ用に加工したり、履歴データとして保存する。監視サーバは、監視ツール、監視情報を処理するCGIスクリプト、システム起動用Webページ、監視ブラウザ用Javaアプレットおよび監視情報の履歴データファイルからなる。CGIスクリプトによる処理としては、監視ツールの起動、監視情報の加工や履歴データ処理があり、それらはPerlで記述されている。また監視ブラウザ用Javaアプレットは、監視サーバを操作する機能を監視ブラウザに提供するものである。操作結果をネットワーク構成図に反映させるために、そのアプレットにはEAI(External Authoring Interface)¹が使われている。

監視ブラウザ: 監視サーバへの監視要求(監視対象や監視ツールの指定)、監視サーバが得た監視情

報を表示するなどシステムのユーザインタフェースである。ネットワーク構成の表示にVRMLを使うため、監視ブラウザには、通常のWebブラウザにVRML2.0に対応したプラグインしたものを利用する。

監視対象: UNIXワークステーション、パーソナルコンピュータ、ルータなどのネットワーク接続機器である。これらの機器には、SNMPのエージェントに代表されるエージェント機能を起動しない。

3.2 監視ツール

本システムでは、監視ツールとして“ping”、“traceroute”および“pathchar”を利用した。これらのツールのうちpingとtracerouteは、ネットワーク監視で一般的に利用され、UNIXシステムには標準的に用意されている。パーソナルコンピュータにも同様の機能のものがある。pathchar[2]については、一部のUNIXシステムでしか利用できない²。以下に各ツールの機能について述べる。

- ping
二つのホスト間のRTT(Round Trip Time: IPデータグラム往復転送遅延)を調べることがきる。システムでは、pingによって監視サーバと監視対象間のRTT情報を取得している。

¹VRMLシーンをJavaアプレットから動的に制御するための方法である。

²現時点では、作者がバイナリコードのみを公開しているため。

表 1: 監視ツールと視覚化する情報

監視ツール名	視覚化する情報	視覚化方法
ping	RTT	ノードの色
tracert	経路情報	円すい状の階層構造
pathchar	実効バンド幅	リンクの色 バンド幅表示

● traceroute

監視サーバから監視対象までの経路およびその途中にあるゲートウェイを調べることができる。システムでは、tracertによって監視サーバから監視対象までの経路情報を取得している。

● pathchar

tracertと同様に、監視対象までの経路情報を調べることができ。さらに、経路上の各ゲートウェイ間の推定実効バンド幅、遅延やパケットロスのレートを調べることができる。システムでは、pathcharによって推定実効バンド幅の情報を取得している。

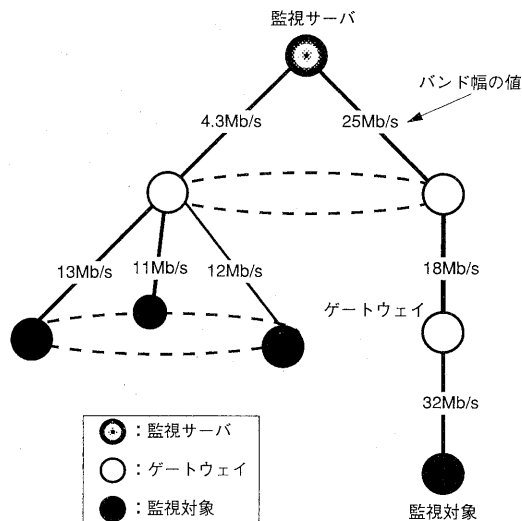


図 2: 監視情報の視覚化

- pathcharで得たバンド幅値に応じて、リンクの「色」を変化させ、また対応するリンク間に「文字」でその値を表示する。リンクの色は、ノードの色の決定方法と同様の方法で行われる。

3.3 監視情報の視覚化

上記のツールによって得た情報を表1に示すように視覚化する。視覚化したネットワーク構成の一例を図2に示す。視覚化したネットワーク構成は、監視情報が更新されるたびに、以下のように変化する。

- pingで得たRTT値に応じて、各ノードの「色」を変化させる。あらかじめ設定した閾値、もしくは履歴データから求めた閾値によって、ノードの色は決定される。後者では、履歴データから求めた各ノードの平均RTT値±閾値内の場合、「その値より小さい場合」および「大きい場合」という基準で色を決定する。
- tracertで得た経路情報を、監視サーバを頂点とする円すい状の階層構造[3]で表現する。経路が分岐するたびに、新たな円すい状の階層構造を再帰的に構成する。ここで、同一ノードを頂点とする複数のノードは、同一セグメントの機器であること表現する。また経路変更に応じて、階層構造も変更する。

3.4 履歴データの利用

得られた監視情報を履歴データとして、監視サーバに保存する。以下のようにこれらの履歴データを利用する。

- ネットワークの状態変化を調べるために、監視ブラウザで履歴データを視覚化する。
- 視覚化したネットワーク構成で、各ノードやリンクの色を変更するための基準値(閾値)に利用する。

履歴データうち、システムが一定時間間隔で自動的に監視するものと、そうでないものがある。前者としては、監視によるトラフィック負荷を考慮して、RTTと経路情報とした。後者としてはバンド幅の情報とした。バンド幅の測定を頻繁に行うと、輻輳が発生する場合がある。そのため、利用者が測定要求したときバンド幅を測定する。また、RTT値が異常大きいとき、または経路情報に変化があったとき、

システムが自動的に pathchar を起動しバンド幅の測定する。

4 試作システム

4.1 システム環境

試作システムはJava言語(JDK 1.1.3), Perl 5.0で記述したCGIスクリプトとVRML 2.0を使って実装した。監視サーバには, httpサーバとしてApache 1.2.4 を起動させたワークステーション (Sun Sparc Station 20) を使い, 監視ブラウザには, SGIのワークステーションやWindow95を載せたPC上に, Netscape NavigatorとVRML 2.0プラグインソフト (SGI Cosmo Player) を使った。

4.2 システムの利用手順

Step-1: 利用者がWebブラウザから本システムのWebページにアクセスする。

Step-2: 利用者のWebブラウザでJavaアプレットが起動し, 監視ブラウザが起動する。

Step-3: 利用者が監視対象(ホスト名もしくはIPアドレス)を指定する。

Step-4: 監視サーバでtracerouteが起動され, 監視対象までの経路を調べる。その結果から, 視覚化したネットワーク構成図のVRMLファイルを生成する。

Step-5: 監視ブラウザにネットワーク構成が表示され, 監視ツールを起動するためのボタンやネットワーク構成のアニメーション表示をするためのボタンやスライダバーなどが用意される。

Step-6: 監視サーバによってpingとpathcharが起動され, 得られたRTTやバンド幅の情報に基づいてネットワーク構成図のノードとリンクの色が変更される。

Step-7: 同時に, 監視サーバから監視対象までのRTTを一定時間間隔で計測するスクリプトがバックグラウンドで起動する。その履歴データは監視サーバに保存される。

以上が逐次的なシステムの利用の流れである。その後, 各監視ツールを実行することで, 最新のネット

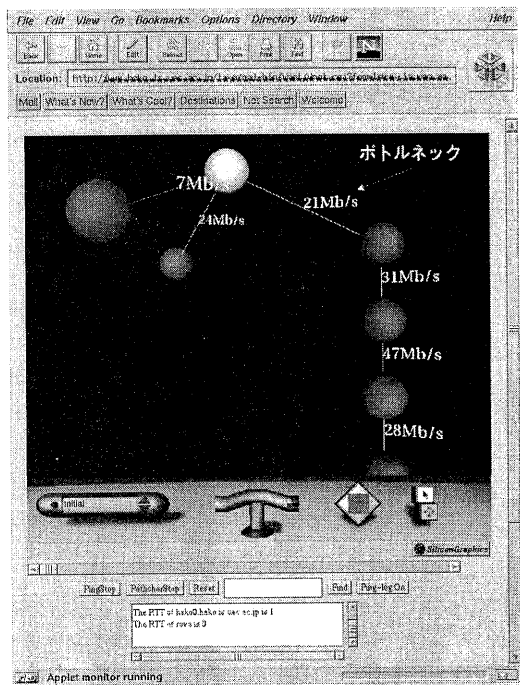


図 3: 実行例

ワークの状態をブラウザに表示でき, また履歴データを使ってネットワーク構成の変化の様子を調べられる。

4.3 実行例

試作システムの実行例を図3, 4に示す。図3は, 著者らが所属している研究科のサーバ計算機までの構成を表示したものである。途中のゲートウェイ間にボトルネックがあるのが容易にわかる。また, 図4では, RTTの値が閾値より大きくなったために, そのことを利用者に知らせている。

5 関連研究

ネットワーク構成の視覚化に関する研究, 例えばインターネットのトラフィックの視覚化[4]やグローバルなMboneネットワークの視覚化に関するもの[5]など, 様々行われている。これらはいかにして巨大なネットワークの構成を視覚化するかというに重点を置いている。一方, 本システムは, 2で述べたよ

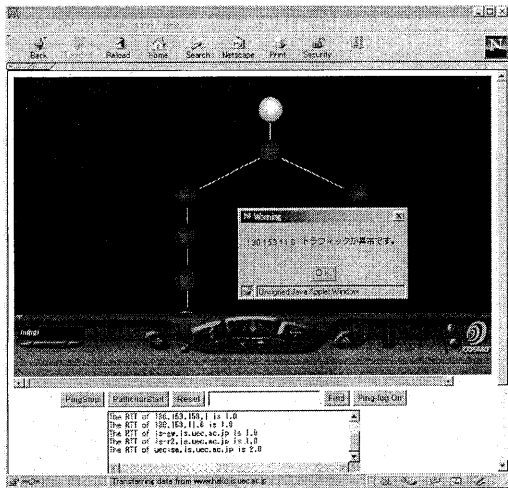


図 4: 実行例 2

うに、大学の研究室のような小規模ネットワークの監視における要件や制約を考慮したシステムである。その点で、上記の研究とは目的が異なる。

また、SNMPを利用するような既存のネットワーク管理システムは本システムよりも管理機能などが充実している。しかし、そのため「システムを利用するための教育」や「あらかじめ監視対象にエージェント機能を起動する」など、小規模ネットワークの場合は、その管理の省力化に必ずしも有効ではない³。一方、本システムは提供している監視機能は簡易的なものだが、これらは従来から管理者が行っている作業を簡単な操作で実現している点で、有効性がある。また、システム全体を Web 環境で構築したことで、利用者がどこにいても、同様の監視作業ができる。

6 おわりに

本稿では、Web 上にネットワーク構成を監視するシステムの構築について報告した。システムの特徴としては、以下のものが挙げられる。

- 従来の管理ツール(コマンド)に比べ、視覚化によりネットワークの状態を把握しやすくなる。

³実際に、筆者らの建物のネットワーク管理に SNMP 対応のシステムを導入したが、システムに関する知識、設定等の負担から必ずしも有効に活用されていない。

- あらかじめ監視対象にエージェント機能を起動させる必要がないため、監視対象を柔軟に選択できる。
- Web ブラウザの操作レベルで、本システムを操作可能である。また、利用者は基本的に Web ブラウザを用意するだけで、本システムを利用できる。

今後の課題としては、現在は一つの監視サーバからネットワーク構成を視覚化している。それを複数の監視サーバを用意し、サーバ間で監視情報を相互に共有することで、より規模の大きいネットワークの監視に適用すること。また、システムを長期間運用するなどして、システムの実用性を検証することである。

参考文献

- [1] 山口 英, “ネットワーク管理,” UNIX MAGAZINE, pp.10-16, March, 1998.
- [2] Van Jacobson, “ftp://ftp.ee.lbl.gov/pathchar,” Lawrence Berkeley National Laboratory, 1997.
- [3] G.G. Robertson, J.D. Mackinlay, and S.K Card, “Cone Trees: Anumated 3D Visualizations of Hierarchical Information,” Proc. of CHI 91, pp.189-194, ACM Press, 1991.
- [4] K.Cox and S.G.Eick, “Case Study: 3D Displays of Internet Traffic,” Proc. of Information Visualization 95, pp.129-131, IEEE Computer Soc.Press, 1995.
- [5] T.Munzner, E.Hoffman, K.Claffy and B.Fenner, “Visualizing the Global Topology og the M-Bone,” Proc. of Information Visualization 96, pp.85-92, IEEE Computer Soc.Press, 1996.