

ネットワーク構成図表示システムとその使用経験について

久多良木 亨、中谷 真人、山路 晃徳、吉田 和幸
大分大学工学部

ネットワークを管理するには、その構成を常に把握していなければならない。しかし、近年のネットワークは爆発的に大規模・複雑化しており、絶えず変化する学内 LAN のようなネットワークの構成を常に把握することは非常に困難である。そこで我々は、大分大学学内 LAN の構成情報を自動収集し、IP ネットワーク上で動作するルータ、Layer3 スイッチとサブネットの接続状況を視覚的に表示するシステムを作成した。本論文では、システムの構成と機能、その使用経験について述べる。

A System for Visualizing Network Topology

Toru Kutaragi, Mabito Nakatani, Akinori Yamaji, Kazuyuki Yoshida
Department of Computer Science and Intelligent Systems, Oita University

In the network management, the network topology must be always grasped. However, it is very difficult to always grasp network topology like LAN, because the network in recent years becomes large in scale and complicated, and it always changes somewhere in the LAN. We designed and implemented the system which collected information of network topology of LAN in the OITA University, and displays a connection state visually between the routers (including Layer 3 switches) and subnets which work on the IP-network. In this paper, we describe design and function of the system, and the use experience.

1 はじめに

近年、ネットワークは急速に普及し、利用者は今まで以上に快適なネットワーク環境を求めようになった。この要求を満たし、ネットワークを円滑に運用していくためにはネットワーク管理が必要不可欠である。ネットワークを管理するには、ネットワーク構成を常に把握し、その変化が異常であるならば直ちに対処しなければならない。しかしながら、現在のネットワークは爆発的に大規模・複雑化しており、学内 LAN のように絶えず変化する環境においてその構成を常に把握することは非常に困難である。

我々は上記の問題を解決するために、ネットワークの構成情報を自動収集し、収集した情報を基に IP ネットワーク上で動作するルータ、Layer3 スイッチ (以降 L3 スイッチ) とサブネットの接続状況を構成図として視覚化するシステムを作成した[1][2]。しかし、小規模で簡単なネットワークならば問題無いが、大規模で非常に複雑なネ

ットワークを全自動で 2 次元平面上に見やすく表示させることは困難である。また、手でノードを再配置して見やすく構成図のレイアウトを変更する作業には手間が掛かってしまう。そこで本研究ではこの手間を軽減し、見やすい構成図を表示することに重点を置き、様々な機能の実装を試みた。

2 章ではシステムの構成について述べる。3 章では構成情報の収集と構成図の表示に用いるデータの作成について述べる。4 章では構成図を操作する様々な機能について述べる。5 章では実際にシステムを大分大学学内 LAN の管理に使用した経験について述べる。最後に 6 章はまとめである。

2 システムの構成

ネットワーク構成図表示システムは「構成情報収集部」、および「構成図表示部」から構成されている。

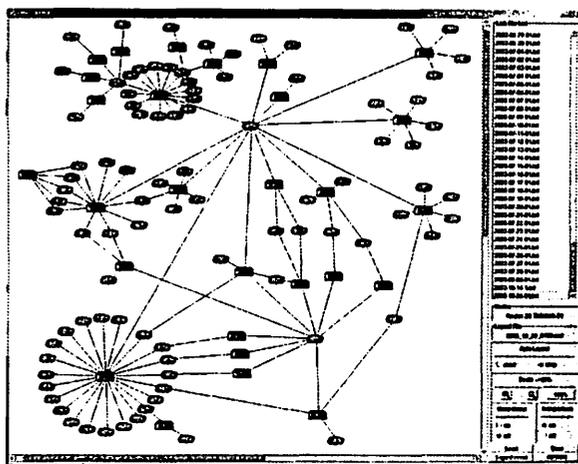


図1 ネットワーク構成図表示システムの実行例

実験回数 5回	最良	平均	最悪
従来の 収集時間*	117.8 (sec)	139.36 (sec)	174.3 (sec)
本システム の収集時間	0.35 (sec)	0.364 (sec)	0.38 (sec)

*[2]から引用

表1 収集に掛かる時間

(A) 構成情報収集部

構成情報収集部は24時間運用し、定期的に、もしくはシステムの利用者（ネットワーク管理者）からの要求により、SNMP(Simple Network Management Protocol)を用いて構成情報を収集し、ネットワーク構成図を表示するために必要な情報を抽出する。構成情報収集部はPerl言語で記述されている。

(B) 構成図表示部

構成情報収集部によって作成されたデータを基にネットワーク構成図の表示を行う。構成図表示部はJava言語で記述されているため機種を選ばず表示することが可能である。

システムを実行すると図1のようにネットワーク構成図と、構成図を操作するコントロールパネルが表示される。コントロールパネルにより4章で述べる機能を使用することができる。

3 構成情報収集部

3.1 構成情報の収集

構成情報収集部は24時間運用し、定期的に、もしくはシステムの利用者からの要求により、

```

14.4.1.8.0.0.0.1.0.64.220.142.0.64.220.142 = Hex: 06 15
02 01 00 40 DC 8E 00 40 DC 8E 80 00 23 13
54 6B 00 54 02 00 00 05 85 25 3C 78 85 25 3C 7E
02 00 00 05 85 25 3A 78 85 25 3A 7E 02 00 00 05
85 25 3C FA 85 25 3C FE 02 00 00 05 85 25 39 79
85 25 39 74 02 00 00 05 85 25 38 69 85 25 38 7E
02 00 00 05
14.4.1.8.0.0.0.2.133.37.222.1.133.37.222.1 = Hex: 05 52
03 02 85 25 DE 01 85 25 DE 01 80 00 04 02
0C 63 00 40 FF FF FF 80 85 25 DE 01 85 25 DE 7D
85 25 DE 1F 85 25 DE 51 85 25 DE 02 85 25 DE 15
85 25 DE 03 00 8D 48 E3 85 25 DE 18 85 25 DE 7E
14.4.1.8.0.0.0.5.202.11.12.0.133.37.222.126 = Hex: 00
00 20 05 CA 0B 0C 00 85
25 DE 7E 80 00 2E 27
EC AA 00 24 FF FF FF 00 00 00 01 85 25 F0 C2
00 00 00 00

```

⋮
(略)

図2 OSPF ルータから収集したMIBオブジェクト

SNMPを用いてネットワーク構成図を表示するために必要な情報を収集する。

従来は、ネットワーク構成情報として以下のようなMIB(Management Information Base)オブジェクトを収集していた[1][2]。

```

ip.ipAddrTable.ipAddrEntry.ipAdEntNetMask
{1.3.6.1.2.1.4.20.3}
ip.ipRouteTable.ipRouterEntry.ipRouteNextHop
{1.3.6.1.2.1.4.21.7}

```

前者からネットマスクとIPアドレスを、後者からはネクストホップルータを収集する。ルータから得られたネクストホップを順次調べていくことによりLANの構成情報を収集することができる。しかしながら、この方法では構成図の表示に必要な情報を収集するのに時間が掛かり過ぎるという問題があった(表1)。そこでこの問題を解決するためにOSPF(Open Shortest Path Fast)ルータの持つリンク情報を収集するプログラムを作成した[3]。このプログラムではSNMPを用いて以下のOSPF MIBオブジェクト[4]の収集を行う。

```

ospfObjectIdentifier.ospfLsdbTable.ospfLsdbEntry.ospfLsdbAdvertisement
{1.3.6.1.2.1.14.4.1.8}

```

OSPF ルータは特定のエリアにある全てのルー

133.37.222.1	133.37.240.224
133.37.222.1	133.37.254.0
133.37.222.1	133.37.211.0
133.37.222.1	133.37.203.128
133.37.222.2	133.37.96.0
133.37.222.2	133.37.99.0
133.37.222.2	133.37.98.0
133.37.222.81	133.37.146.0
133.37.222.125	133.37.212.0
133.37.222.126	133.37.222.0
133.37.222.6	133.37.222.0
133.37.222.81	133.37.222.0
⋮	

(略)

図3 構成図の表示に用いるデータ

タが共通のリンク状態データベースを持つ(図2)。このデータベースにはエリア全体のトポロジーが記述されており、到達可能なネットワーク、それらを相互接続するルータ、および、それぞれのリンクのコストが分かるようになっている。つまり、1つのルータからリンク状態データベースを収集するだけでLANのトポロジーを知ることができる。そのため、全てのルータから構成情報を収集する従来の方法に比べ、構成情報の収集に掛かる時間を大幅に短縮することができる(表1)。

3.2 構成図の表示に用いるデータの作成

リンク状態データベースにはネットワーク構成図の表示に必要な情報以外に多くの情報が含まれている。そこで、収集したOSPFのリンク状態データベースからネットワーク構成図の表示に必要な情報だけを抽出したデータ(図3)を作成する。データは左右2列からなり、左にはルータIDを、右にはそれらに繋がるサブネットをそれぞれ記述する。

4 構成図表示部

4.1 ネットワーク構成図の表示

構成図表示部は構成情報収集部によって作成されたデータをもとにネットワーク構成図の表示を行う。ネットワーク構成図は無方向グラフで表現でき、そのノードはルータとそれに繋がるサブネットである(図4)。ネットワーク管理者はこの構成図を次章で述べる自動配置、手動配置の機能を使い、自分の好みに合わせカスタマイズを行う。カスタマイズした配置データは構成情報収



図4 ノード

集部が作成するデータとは別に保存する。配置データを複数持つことにより、目的に応じた構成図の表示が可能となる。

4.2 ノードの自動配置と手動配置

グラフ(構成図)の見やすさの基準は人それぞれ違う。大規模・複雑化したネットワークの構成図であればなおさらである。そこで、本システムでは、利用者が管理しやすいように自動配置と手動配置を交互に用いて構成図のレイアウトをカスタマイズできる機能を実装している。

(A) 自動配置

以下の自動配置アルゴリズムを用いて、各ノード間距離があらかじめ決めた目標距離になるように自動的にノードを配置する機能である。

```
boolean connectAB // ノード A、B が繋がっている
int opt_distAB // ノード A、B 間の目標距離
int opt_dist // 繋がっていないノード間の目標距離
int distAB // ノード A、B 間の距離

if (connectAB)
    if (distAB > opt_distAB)
        ⇒ ノード A とノード B は引き合う
    else (distAB < opt_distAB)
        ⇒ ノード A とノード B は反発し合う
else
    if (distAB < opt_dist)
        ⇒ ノード A とノード B は反発し合う
```

つまり、繋がっているノード同士はお互いの距離が目標距離よりも遠い場合は引き合い、目標距離よりも近い場合は反発し合う。また、繋がっていないノード同士はお互いの距離が目標距離よりも近い場合にのみ反発し合う。引き合う力はお互いの距離が離れていればいるほど強く、反発し合う力は近ければ近いほど強くなる。

ノード間の距離の初期値は両端の各ノードの持つリンク数を重みとして決定される。つまり、リンクを多く持つノードほど他のノードとの間の目標距離は長くなり、少ないノードほど目標距

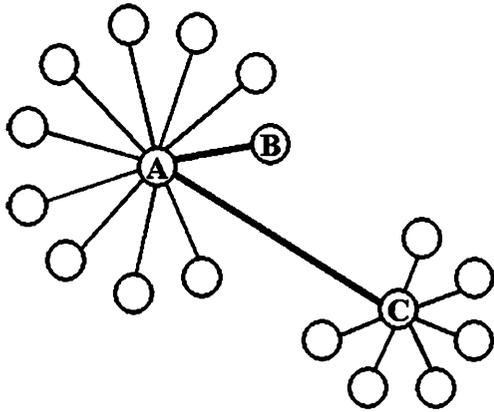


図5 リンク数から目標距離を決定された場合

離は短くなる。ノードを多数持つノードは基幹ノードと考えられる。基幹ノード間は距離をおいて配置し、基幹ノードにつながる末端ノードは基幹ノードの近くに配置することにより、見やすいネットワーク構成図になると考える。ノード間距離の初期値は両端のノードがそれぞれ持つノード数の幾何平均に比例した値としている。(図5)しかし、この自動配置だけで全ての利用者が満足するようなレイアウトにすることは不可能である。そこで、利用者は自動配置とともに次節で述べる手動配置を用いて自分の好みに合わせてレイアウトをカスタマイズすることが可能である。

(B) 手動配置

先に述べたように、構成図の見やすさの基準が人それぞれ違うため自動配置だけで全ての利用者が満足するレイアウトにすることは不可能である。そこで、ノードをドラッグすることでノードを自由に配置することを可能にする。そして、利用者がそのレイアウトデータをセーブし、次回そのデータをロードすると、目標距離はロードされたレイアウトごとに各ノード間の距離に設定される。図6のようにカスタマイズ前のレイアウトの目標距離を X_1 とすると、図7のようにカスタマイズ後では X_2 が目標距離となる。つまり、一度カスタマイズを行うと次回からは自動的に好みに近いレイアウトにカスタマイズすることが可能である。

4.3 構成図の拡大・縮小

ネットワーク管理にはネットワークを全体的に見たい場合や、ある一部分を詳細に見たい場合がある。そこで、本システムでは大規模なネット

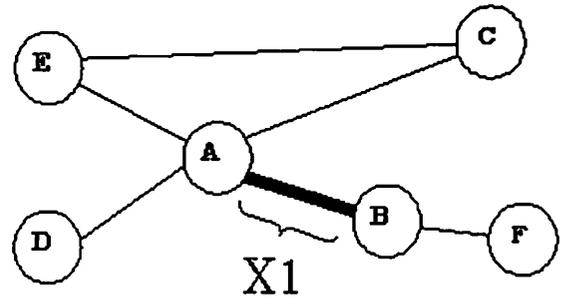


図6 カスタマイズ前の目標距離

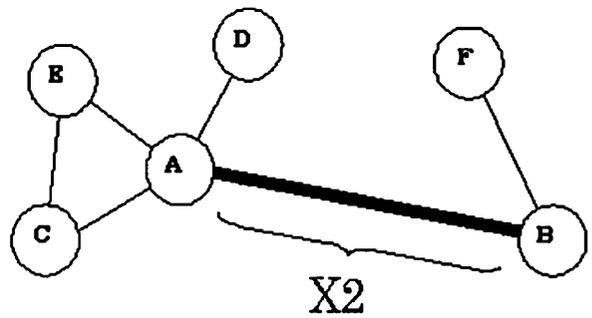


図7 カスタマイズ後の目標距離

ワークでも全体的に見ることが出来るように、また複雑なネットワークのある一部分を詳細に見ることが出来るように構成図を拡大、縮小する機能を実装している。拡大・縮小によってノードのサイズが変化すると、大きくなったノードが構成図を見えにくくしたり、小さくなったノード自身が見えにくくなってしまいうため変化はノードを結ぶラインの長さだけにしている。

4.4 ネットワーク構成の差分表示

ネットワークを管理する上で、ネットワーク構成を常に把握し、変化を見つけることは非常に重要である。そこで、時系列的なネットワーク構成の変化によって生じる差分を表示させることで変化の見落としを防ぎ、ネットワーク管理を容易にする(図8)。

差分表示は利用者が選んだ新旧2つのデータを比較し以下の3つに分ける。

- ・ 2つのデータに共通して存在するもの
- ・ 新しいデータのみが存在するもの
- ・ 古いデータのみが存在するもの

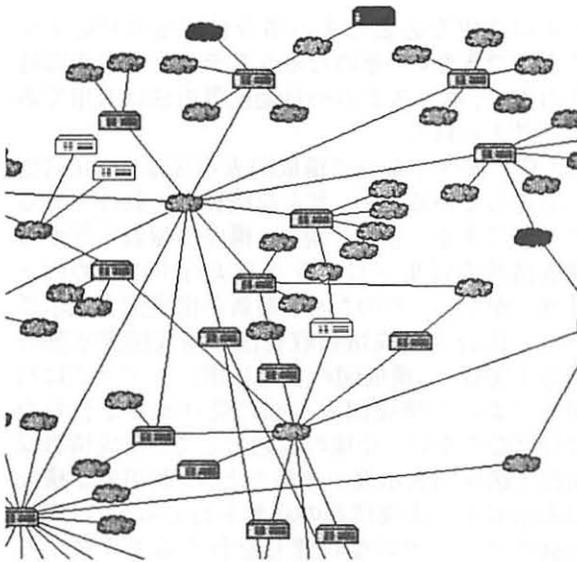


図8 差分表示したネットワーク構成図

2つのデータに共通して存在するものは時系列的に変化の無いものとして通常のノード(図4)を表示する。それに対し、新しいデータのみが存在するものは時系列的に新しく繋がったもの、古いデータのみが存在するものは存在しなくなったものとしてそれぞれ通常とは異なるノードを表示する(図9・図10)。

5 システムの使用経験

システムを大分大学学内LAN管理に使用した経験について述べる。構成情報は2003年2月13日から定期的(毎日深夜0時)に、もしくは利用者からの要求があった場合に自動的に収集している。我々は収集した構成情報からネットワーク構成図を表示させ、その構成の変化を調べた。表2に2月13日から7月28日までの期間のノード数の変化やその名前(IPアドレス)を示す。

表2にはAS-Externalの情報に含まれていない、ネットワークを管理するために定期的な自動収集を開始した2003年2月13日の時点では、構成情報を収集していたルータのSNMPエージェントがAS-ExternalのMIB情報に対応していないため、この情報を収集することが出来なかったためである。そのため、表2に示されたノード数は実際のネットワークよりも少なくなっている。現在はMIB情報に完全に対応したルータから構成情報を収集しているためAS-ExternalのMIB情報も収集できるようになっている。



図9 新しく繋がったノード



図10 存在しなくなったノード

表3は大分大学と大分医科大学が統合する前後のネットワーク構成のデータを示している。統合に伴い、ネットワークの構成に変化が生じていることがわかる。新しく繋がった133.37.89.0は医学部(旧大分医科大学)のネットワークで学内LANとなった。また、202.253.89.0は大分医科大学のネットワークだったが、統合後に大分医科大学にあったDNSサーバ等が大分大学に移り202.253.89.2、202.253.89.4、202.253.89.99と、学内LANとして見られるようになった。

今回システムを使用し、以下の点はネットワークを管理する上で非常に有用であると考えられた。

- ・レイアウトデータのセーブ・ロード
- ・ネットワーク構成の差分表示

現在のネットワークは非常に複雑で絶えず変化している。しかし、その構成が全体的に大きく変化するようなことは滅多にない。今回の管理では一つのレイアウトデータのみで2月13日から7月28日までの全てのネットワーク構成図を見やすく表示することができた。そして、差分表示機能を用いることで長期間でのネットワーク構成の変化、大学統合前後の構成の違いを容易に把握することができた。

6 おわりに

提案する自動配置アルゴリズムを使用したネットワーク構成図表示システムと、システムを実際のネットワーク管理に使用した経験について述べた。

本システムと同様にネットワーク管理を支援するシステムとしてHEWLETT PACKARD社の「OpenView ネットワークノードマネージャ」[5](以下OpenView)がある。このシステムはネットワーク構成機器から情報を収集すること

変化日	ノード数	ルータ数	サブネット数	追加ノード名	削除ノード名
2月13日	92	24	68		
2月14日	91(-1)	23(-1)	68		133.37.56.146
2月19日	92(+1)	23	68(+1)	150.99.199.44	
2月21日	93(+1)	24(+1)	69	133.37.56.146	
2月22日	92(-1)	23(-1)	69		133.37.56.143
2月23日	91(-1)	22(-1)	69		133.37.240.44
2月26日	92(+1)	23(+1)	69	133.37.240.44	
3月21日	91(-1)	22(-1)	69		133.37.220.247
4月5日	90(-1)	21(-1)	69		133.37.56.146
4月15日	91(+1)	21	70(+1)	133.37.205.0	
5月9日	91(+1)(-1)	21(+1)(-1)	70	133.37.220.24	2.37.34.164
5月14日	91(+1)(-1)	21(+1)(-1)	70	133.37.222.28	0.141.72.227
5月31日	90(-1)	20(-1)	70		2.16.109.231
6月3日	91(+1)	21(+1)	70	2.16.109.231	
6月14日	90(-1)	21	69(-1)		133.37.216.0
7月10日	90(+1)(-1)	21	69(+1)(-1)	133.37.64.0	133.37.211.0
7月28日	90	21	69		

表2 ネットワーク構成の変化

変化日	ノード数	ルータ数	サブネット数	追加ノード名	削除ノード名
8月6日	118	28	90		
10月24日	119(+8)(-7)	28(+2)(-2)	91(+6)(-5)	133.37.89.0 133.37.64.0 133.37.149.0 133.37.240.197 133.37.222.10 202.253.89.99 202.253.89.2 202.253.89.4	133.37.211.0 133.37.61.0 133.37.61.125 133.37.240.4 1.1.1.1 202.253.90.0 202.253.89.0

※AS-Externalの情報を含む

表3 大学統合前後の構成の変化

で、ネットワーク構成のグラフィカル表示、ネットワーク機器の障害や変更などのイベント監視を行い、総合的なネットワーク管理を支援する。

OpenViewは、階層的にネットワーク構成の表示を行う。特定のサブネットの構成を一つのウィンドウに表示し、別のサブネットの構成は別ウィンドウに表示を行う。ネットワークの物理的接続に応じてスター型、バス型、リング型などのレイアウトで表示を行うことが可能で、手動でもノードを配置することができる。

これに対して、学内LAN規模のネットワークを対象としている本システムでは、表示するネットワークに含まれる全ノードの接続を表示するようにしている。学内LAN規模のノード数であれば、ネットワークの構成を一様に把握することが可能であると考えたためである。極端にノード数の多いネットワークでなければ本システムの自動配置アルゴリズムできれいな構成図を描画することができる。

また、遺伝アルゴリズムを用いることでユーザの意向を反映してノードを配置する自動配置方法も提案されている[6][7]。これらは、学習データを多く必要とし、トポロジーの変化などレイ

ウトの変更を必要とする場合に即座に対応することができない。そのためシステムとしての即時性の点で、本システムの自動配置方法は有用であると考えられる。

2章で述べたように構成図表示部はJava言語で記述しているため、どんな機種でも動作させることができる。しかし現在、構成情報表示部から構成情報の収集プログラムを実行するためのトリガーがない。そのため、最新の構成図を表示させたい場合は構成情報収集部と構成図表示部の両方を実行し、構成図の表示に用いるデータは利用者によって構成図表示部に受け渡しを行わなければならない。今後の課題として、構成情報収集部と構成図表示部の連係を取り、利用者が構成図表示部から構成情報の収集を行えるようにし、自動的にデータの受け渡しを行えるようにすることが挙げられる。

参考文献

- [1] 松浦孝典, 奥田慎一, 吉田和幸: ネットワーク構成図の自動作成について, 第55回情報処理学会全国大会講演論文集(3), pp.579-580, 1997
- [2] 吉田和幸, 松浦孝典, 長野聡: ネットワーク構成情報3次元表示システムの実現, 1999年情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp.55-60, 1999
- [3] 久多良木亨, 松本匡浩, 山本崇文, 吉田和幸: ネットワーク構成情報の自動収集と構成図表示システムについて, 第55回電気関係学会九州支部連合大会論文集, p232, 2002
- [4] F.Baker, R.Colton: OSPF Version2 Management Information Base, RFC1850, November 1995
- [5] <http://www.jpn.hp.com/openview/lineup/network/nnm/index.html>
- [6] Toshiyuki Masui: Graphic Object Layout with Interactive Genetic Algorithms, IEEE Computer Society Press, Procs of IEEE Symposium on Visual Languages, pp74-80, September 1992
- [7] Toshiyuki Masui: Evolutionary learning of Graph Layout Constrains from Examples, ACM Press, Procs of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'94), pp103-108, November 1994