

ネットワーク構成情報3次元表示システムの実現

吉田 和幸、松浦 孝典、長野 聡
大分大学工学部知能情報システム工学科

ネットワークの構成情報を把握することは、ネットワーク管理を行う上で重要である。ネットワークは大規模・複雑化しており、ネットワーク全体の構成を把握するのは困難になっている。我々はネットワーク構成情報を自動収集し、ネットワーク構成図を3次元で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について述べ、構成図中のアイコンをドラッグすることによる再配置、クリックによるネットワークのグループ化などの編集機能や3次元表示された構成図を作成するための手法について述べる

Implementation of a System for Visualizing Network Topology in 3D Network Configuration Map

Kazuyuki Yoshida, Takanori Matsuura, Satoshi Nagano
Department of Computer Science and Intelligent Systems, Oita University

In the network management, grasping information about network topology is very important. It is more difficult to get and maintenance information of the network topology, because the network has been large and complicated. This paper presents the design and implementation of that system, which collects informations about network topology and visualizes them in 3D automatically

1. はじめに

近年、ネットワークの大規模化や複雑化が進み、ネットワーク管理は困難になっている。ネットワークを円滑に運用するためにはネットワーク管理は大変重要である。ネットワーク管理においてネットワーク構成情報の把握は、各種管理を行う上で欠かせないものであり、その情報には即時性が要求される。しかし、その情報の取得を手動で収集・管理すると時々刻々と変化する構成に対応できず、管理できない可能性がある。我々は SNMP(Simple Network Management Protocol)を用いて IP ネットワークのトポロジーの情報を自動収集しそれを元に2次元で構成図を表示するシステムを作成した。¹⁾²⁾

しかし我々の提案した構成図の自動作成アルゴリズムでは、ネットワークのトポロジーが円形であったような簡単なトポロジーを除いて、より見やすくするために多数のアイコンをマウスドラッグで再配置す

る必要があった。多くの場合ドラッグによるアイコンの再配置は手間のかかるものである。そこで、ネットワーク構成図を3次元表示⁵⁾し、回転や拡大縮小などを用いてこの手間を軽減しようと試みた。³⁾⁴⁾

2章では構成情報の自動収集と3次元表示構成図の自動作成法について述べる。3章では実際に作成したシステムの構成について述べる。4章では構成情報の自動収集の評価と3次元表示および編集機能の評価を行った。最後の5章はまとめである

2. 構成情報の収集と構成図の作成

2.1 構成情報の自動収集

SNMP では、多様な管理ノードがあり収集できる情報も多いが、本研究ではネットワーク構成図を作成する足がかりとして、SNMP によってルータの IP アドレス、ネットマスクを収集し、その情報からネットワーク構成

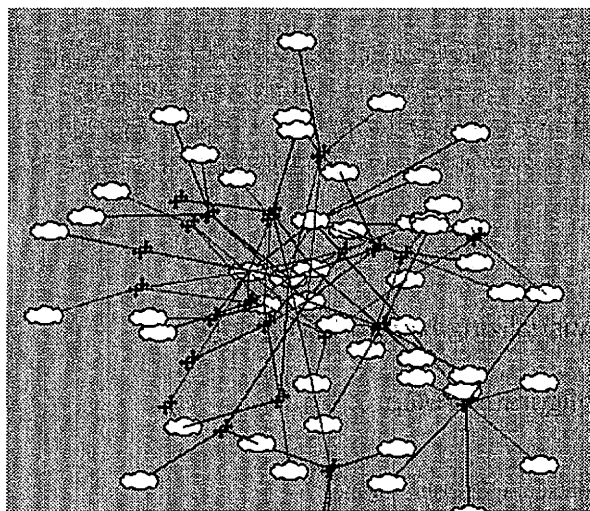
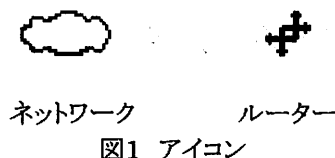


図2 ネットワーク構成図の一例

図を導く。構成図は、ルータとネットワークをアイコン(図1)で表示し、実際のネットワーク構成を図2のようなネットワーク構成図として表示する。

構成情報の収集は、SNMP を利用し以下のようなMIB(Management Information Base)オブジェクトを収集する。

ip.ipAddrTable.ipAddrEntry.ipAdEntNetMask
ip.ipRouteTable.ipRouterEntry.ipRouteNextHop

この収集は、ルータの IP アドレスを調べ設定ファイルに書き込むといったユーザの負担を押さえるために、完全に自動化されている。

ipAdEntNetMask はネットマスクを値に持つが、以下のようにオブジェクト識別子の最後がインターフェイスの IP アドレスとなっているので、SNMP の Getnext コマンドでこの IP アドレスも収集する。

IpAdEntNetMask.IP.アドレスの値 = ネットマスクの値
ipRouteNextHop から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ネットワーク全体の構成情報を収集する。情報の収集時に SNMP リクエストは、まず 1 秒でタイムアウトし、4 回まで再送を行う。それぞれ 2,4,8,16 秒でタイムアウトする。タイムアウトの時間が短い、これは構成情報を取得したい LAN の中に SNMP エージェントがあると想定しているためである。これに加えて、

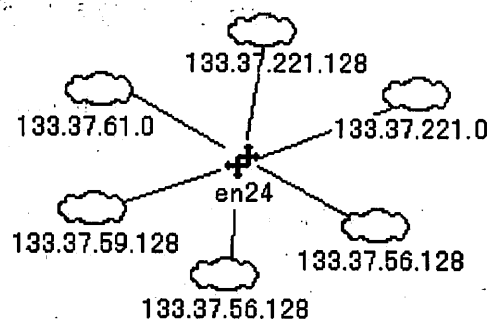


図3 構成図その1

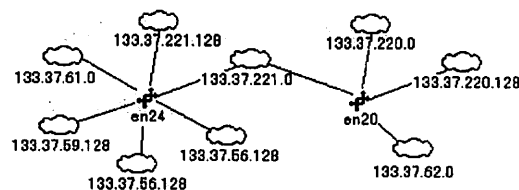


図4 構成図その2

DNS サーバが稼動中で参照できればルータ名も収集していく。

2.2 ネットワーク構成図の作成

あるルータについて収集された情報が以下のだとすると、図3のような構成図が作成される。ネットワークのアドレスはIPアドレスとネットマスクから計算している。

ルータ名	en24.net.oita-u.ac.jp
IP アドレス	133.37.56.253,133.37.57.252 133.37.59.253,133.37.61.126 133.37.221.118,133.37.221.246
ネットマスク	すべて 255.255.255.128
ネクストホップ	133.37.221.126,・・・(略)

これに続きネクストホップルータについて以下のように情報が収集されると、図4のようになる。

ルータ名	En20.net.oita-u.ac.jp
IP アドレス	133.37.56.253,133.37.57.252 133.37.59.253,133.37.61.126 133.37.221.118,133.37.221.246
ネットマスク	すべて 255.255.255.128
ネクストホップ	133.37.221.126,・・・(略)

図3, 4は、構成するアイコンを多少手動で再配置して見やすく再配置してあるが、実際の初期座標は中心付近にランダムに決定された後、次節で述べる自動配置を行う。

2.3 アイコンの自動配置

構成図中のアイコンは図の中心付近にランダムに配置されたあと、自動配置アルゴリズムによって自動配置される。このアルゴリズムは次のようになる。

OPTIMAL_DISTANCE //アイコン間の最適距離

LIMIT_DISTANCE //アイコン間の限界距離

If (IconA.connectWith(IconB) && IconA.distance(IconB)

> OPTIMAL_DISTANCE ⇒ 引き合う

Else If ![IconA.connectWith(IconB)]

&&(IconA.distance(IconB)) < LIMIT_DISTANCE

⇒ 反発する

つまり、繋がっているアイコン同士はお互いの距離が OPTIMAL_DISTANCE になるまで引き合い、繋がっていないと LIMIT_DISTANCE まで反発する。

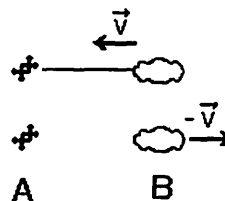
アイコンの移動先は図5のようなベクトルVを加えて計算する。アイコン間の距離が limit に近くなるとベクトルVの大きさは0に近づき、反対に limit から遠くなると大きくなる。これにより引き合う場合は、アイコン同士が離れていればいるほど強く引き合い、反発するときは近ければ近いほど強く反発する。これを全てのアイコンを対象に操作することで最終的に一定の距離間隔に収束する。大分大学ネットワークで構成情報を収集し、構成図を作成すると図2のようになる。

2.4 2次元表示から3次元表示へ

前節で述べたアルゴリズムではネットワークポロジが円形であったり、バランスのとれたスター形である場合などは自動で見やすい構成図が作成される。しかし実際のネットワークは複雑なものであり、見やすくするためには人の手を加える必要がある。これまでの研究では構成図を2次元表示していた。この場合自動配置アルゴリズムを適応しても、自動配置できないかもしくは収束までに時間がかかる。

しかし構成図を3次元表示することによって回転や拡大縮小を可能にし、視覚的に理解が容易になる。また自動配置アルゴリズムも有効に働き再配置の手間が軽減することが可能となった。

3次元表示では手前に存在するものが大、奥に存在するものが小とすることが多い。しかしこの方法では手前にあるアイコンが、広範囲にわたってネットワーク構成図を隠してしまうことがある。そのため本シ



$$\vec{V} = t\vec{AB}$$

$$t = \frac{|\vec{AB}| - \text{limit}}{|\vec{AB}|} \times C \quad (C \text{ は定数 } (0 < C < 1))$$

$$\text{limit} = \text{OPTIMAL_DISTANCE or LIMIT_DISTANCE}$$

図5:ベクトルの計算

テムではアイコンの大きさは常に一定にしている。^{3) 4)}

3. システムの構成

システムの構成は以下のようなサーバとクライアントからなる。

- 構成情報収集プログラム(サーバ)
SNMP を用いて構成情報を自動収集する。24時間運用し、一定周期で構成情報を収集記録する。
- 構成図表示プログラム(クライアント)
Web ブラウザ上で実行する。(図6)

サーバ、クライアント共に JAVA 言語で記述し、JDK1.1.7 に準じた標準のクラスライブラリで動作する。このことにより、サーバの機種を選ばず、アプレットを置いた Web サーバに接続できる環境であればどこからでも構成情報を把握できる。

3.1 サーバでの処理

サーバは構成情報を収集した後に、それぞれのアイコンの移動距離の和が閾値より低くなるまで自動配置アルゴリズムを適用して座標を計算し、サーバ上に保存する。構成図の中心は収集を開始したルータである。サーバは最新の情報と前回の2つの構成情報を保持し、構成情報に変化があったらユーザに電子メールを送信することもできる。また、クライアントからの要求があに蓄積してゆく。これによってユーザは指定した日付と現在の構成情報の差分を得ることができる。

3.2 クライアントでの処理

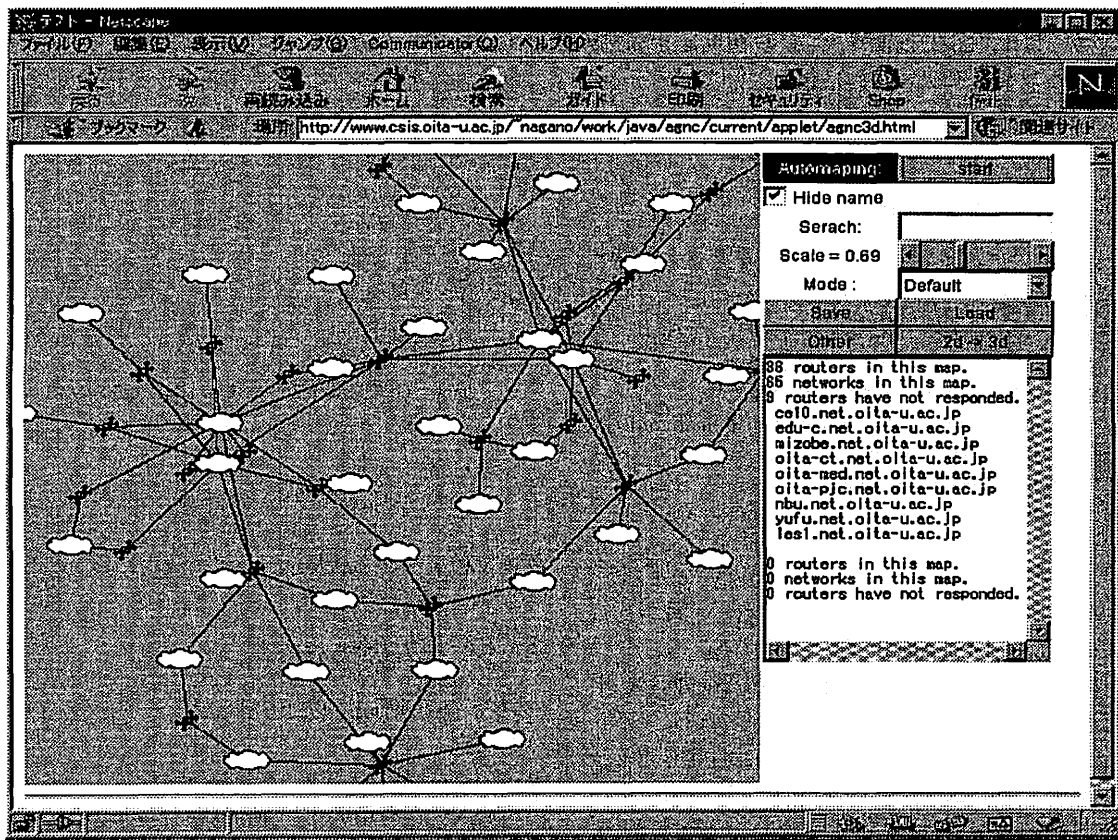


図6:Web ブラウザで実行中のクライアント

3.2.1 クライアントの概要

クライアントは手動もしくは自動により、サーバから最新の構成情報を取得して構成図を表示するインターフェースとなる(図7)。定期的な情報収集によって構成情報に変化¹が起こったルータについては、アイコンの色を変えて表示することもできる。またアイコンに対してドラッグや自動再配置の指定などの操作もここで行うことができる。

3.2.2 クライアントの操作

実装している各種操作を紹介する。

- データロード、セーブ
- アイコンドラッグによる再配置(図7)
ドラッグでアイコンを自由に配置可能
- アドレスの表示・非表示(図8)²
- 回転(図9)³、平行移動、拡大縮小
アイコン以外の場所をドラッグすることで行われ

る。ただし 3D 時には回転、2D 時には平行移動。
拡大縮小はスクロールバーで行う

- グループ化
アイコンをクリック、もしくは範囲指定することで1つのアイコンにまとめる、まとめたアイコンの一覧表示(図10)も可能
- 自動再配置
自動配置の様子をアニメーションで見て、ユーザが自動配置を終了させる。
- 検索
一致する項目があれば、色をかえて表示
- 2次元表示、3次元表示の切り替え
.z 軸方向の座標の有無を切り替える

4. 評価

4.1 構成情報の自動収集

タイムアウト時間と収集能力の比較を表1に示す。タイムアウト時間と再送回数を変化させた時のサーバが大分大学のネットワーク構成情報を収集するのにかかった時間と、情報を取得できたルータ数を示す。これらの値は、5回実験を行ない、その平均したもの

¹ SNMP エージェントが応答しない等

² 図8は表示時、図7などは非表示時

³ 図は縦方向に回転

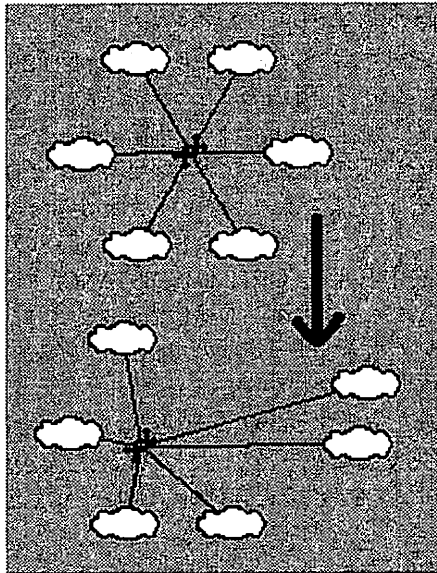


図7 ドラッグ操作の例

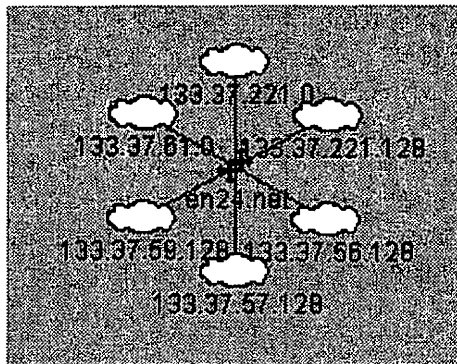


図8 アドレス表示

である。なお、この実験時、ルータ 44 台あり、うち snmp に返答するものは 37 台あった⁴。

ここで収集した MIB オブジェクトは、前に最低限必要だと述べた ipAdEntNetMask, ipRouteNextHop の 2 つだけを収集した。再送なし、再送 1 回のみでは、すべてのルータから情報の収集はできなかった。タイムアウト時間が、1~2sec のとき、再送回数 2~3 で、最良の結果となっている。例えばタイムアウト 1sec、再送回数 3 の時、最悪の場合を考えると
 $(1[\text{sec}] + 1[\text{sec}] \times 3) \times 44 = 176[\text{sec}]$

となるが、実験からそれより良い値が得られている。このときタイムアウト時間が 0.5sec の場合に収集時間が逆にかかってしまうのは、SNMP エージェントが応答する前に再送が発生するためだと考える。

⁴ 値が 37.0 ならば完全に収集できたことを示す

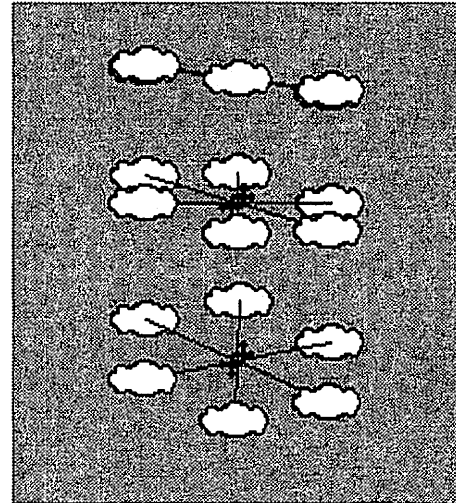


図9 回転の例

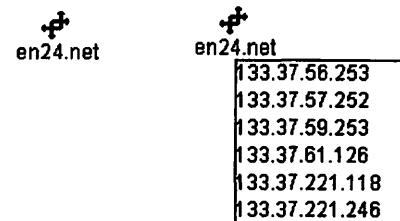


図10 一覧表示の例

再送なし			再送 1 回	
タイムアウト (sec)	時間 (sec)	ルータ数	時間 (sec)	ルータ数
8	89.3	33.8	129.5	36.0
4	86.8	34.0	111.9	35.6
2	82.5	32.8	108.7	35.8
1	58.8	28.0	105.1	36.0
0.5	52.7	24.8	84.6	34.2

再送 2 回			再送 3 回	
タイムアウト (sec)	時間 (sec)	ルータ数	時間 (sec)	ルータ数
8	161.7	37.0	174.3	37.0
4	137.6	37.0	140.8	37.0
2	122.5	36.6	126.1	37.0
1	117.8	37.0	120.6	37.0
0.5	136.0	37.0	132.4	36.8

表1 タイムアウト時間と収集能力

4.2.3 次元表示の評価

図1は 3 次元表示された図であるが、この図の z 座標を全て 0 にすることで 2 次元表示し、自動配置のよ

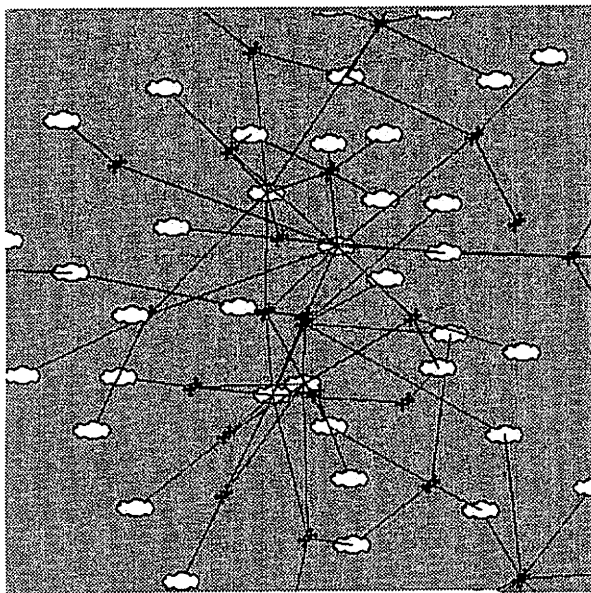


図11 2次元表示の構成図



図12 ラインの表示例

って図は再構成すると図11になる。図1にある重なりなどは、回転などの操作によって解消される。しかし図11の重なりは解消できない。解消するためには、表示面積を広くする必要がある。

図1、11の比較から以下に示す3次元表示の優位性が認められる。

- (1) 自動配置アルゴリズムの収束が早い。2次元表示の場合は閾値を高くしないと収束しない。
- (2) 構成図を回転し続けることによって、ルータの大体の位置関係を把握できる。
- (3) 表示面積が小さい。

自動配置は、繋がっているアイコン間の距離を設定した最適距離(図5では OPTIMAL_DISTANCE)にしようとするので、配置の自由度の高い3次元表示の方が配置しやすい。(3)の結果は(1)の結果から当然である。

実際に使用した結果、改善が必要な点として以下のことが挙げられる。

- (1) アイコン上に通っている線が、そのアイコンの繋がりを表しているのかどうか分からない。
- (2) 図2のような、1つのルータに繋がっているサブネット群や、1つのネットワーク中にあるルータ

群の集合を判別しにくい。

(1)についてもっと詳しく説明すると、図12(a)のようになっていると、両端のアイコンを結んでいる線だとわかる。しかし図12(b)のような場合、回転などの操作を行わない限り、左右のアイコンは線で結ばれているのか、それとも結ばれていないのか分からない。

(2)について、それぞれのアイコンは図3のように、ルータを中心半径 OPTIMAL_DISTANCE の球の中に存在しているのだが、前述したようにどこにあってもアイコンの大きさは一定なので、どのアイコンが集合を作っているのかわかりにくい。

これらを解決するために、z 座標が小さくなる(ユーザから見て奥)と色を薄く、大きくなると色を濃くし、グラデーションをつけると有効かもしれない。

5. おわりに

ネットワークの構成情報の自動収集とその構成図の3次元表示、自動配置された構成図からユーザが見やすい構成図を作成する編集機能について述べ、評価を行った。今後の課題として、より見やすい構成図を作成するための編集機能の検討、情報収集をマルチスレッド化等の応答性能の改善、RMON 情報の収集とトラフィック量の表示等のネットワークの性能表示などが挙げられる。また、表示は、IP ネットワークに限らないので、データリンク層の情報を収集すれば、スイッチ間の接続図といったものも作成できるであろう。

参考文献

- 1) 松浦,奥田,吉田: 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) 松浦,奥田,吉田: ネットワーク構成情報の自動収集,第 51 回電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, p.193(1997).
- 3) 長野,松浦,吉田: ネットワーク構成情報の三次元表示システムの試作,第51回電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, p.133(1998).
- 4) 吉田,松浦,長野: ネットワーク構成情報の三次元表示について,情報処理学会研究報告(98-DSM-12), pp.7-12(1998).
- 5) 鷺島,西澤,浅原: 並列図形処理,コロナ社, (1991).