

## ループを考慮した Layer2 ネットワーク構成情報の 推測アルゴリズムについて

河野 優<sup>†</sup>, 釜崎 正吾<sup>†</sup>, 大浦 昇<sup>†</sup>, 吉田 和幸<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>大分大学大学院 工学研究科   <sup>‡</sup>大分大学総合情報処理センター

ネットワーク構成情報を把握することは、ネットワーク管理をする上で重要なことである。ネットワークの構成を正確に把握しておくことによって、ネットワーク管理者は問題に的確に対処し、あるいは防止することができる。しかしながら、ネットワークの物理的構成を把握することは困難である。我々は LAN スイッチから収集した FDB(Forwarding Database)から LAN スイッチ間の接続関係を推測するアルゴリズムを提案し、LAN スイッチの FDB からスイッチ間の接続関係を推測・表示するシステムを作成し利用してきた。本システムでは収集できた FDB の量にかかわらずほぼ安定した推測結果を得ることができている。現在本システムを使いトポロジ情報を抽出している大分大学学内 LAN にはループが存在している。しかし、我々の推測アルゴリズムではループの部分をいつも推測できるわけではないことがわかった。そこで本論文ではループがあるネットワークにも適用できるようにネットワーク構成の推測アルゴリズムの拡張について提案する。

### Topology Discovery Algorithm for the Layer 2 Networks with Loop

Yuu Kawano<sup>†</sup>, Syogo Kamasaki<sup>†</sup>, Noboru Oura<sup>†</sup>, Kazuyuki Yoshida<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Department of Computer Science and Intelligent Systems, Oita University

<sup>‡</sup>Information Processing Center, Oita University

It is important for network administrator to grasp network topology. By grasping network topology correctly, a network administrator manage a problem quickly, or can prevent. However, it is difficult to grasp physical network topology. We proposed the algorithm which guesses the LAN topology from FDB (Forwarding Database) collected from the LAN switches. And we implement and use the system which discovers LAN topology using the algorithm, and displays it visually. The system can obtain a almost steady result. However, loops exist in the Oita university's LAN. We found that the algorithm cannot always discover loops in the network topology. In this paper, we describe improvement of the algorithm to discover network topology with loops.

## 1. はじめに

ネットワーク構成を把握することは、ネットワーク管理を行う上で非常に重要なことである。ネットワークの構成を正確に把握しておくことにより、ネットワーク障害等に素早く対処でき、あるいは防止することができる。

しかしながら、物理的構成を反映している Layer2 レベルでのネットワーク構成を把握することは困難である。我々は、LANスイッチから収集した FDB (Forwarding Database)を用いて、LANスイッチ間の接続関係を推測するアルゴリズムを提案してきた。さらに、このアルゴリズムを用いて推測された LAN スイッチ間の接続関係を表示するシステムを作成し、利用してきた [1],[2],[9],[10],[11]。しかしながら、大分大学学内 LANは、トラフィックの分散のために LAN スイッチ間に複数の物理回線を張り VLAN を分散して割り当てている部分があり、その部分を現在の推測アルゴリズムでは、常には推測できているわけではないという問題点があった。

そこで本論文では、このようなループを考慮した推測について述べる。2章では、LANスイッチからの情報の収集について示し、その情報を用いて、我々が提案してきた LAN スイッチ間の接続関係を推測するアルゴリズムと推測精度を高めるために導入する新しい推測条件について述べる。3章ではループを推測できない原因について述べ、ループを考慮した推測について述べる。4章では結論について述べる。

## 2. 構成情報収集とトポロジの推測

本章では、LANスイッチからの FDB の収集と、それを用いたネットワークトポロジについて述べる。

### 2.1 構成情報の収集

LAN の構成推測のために、SNMP (Simple Network Management Protocol)を用いてあらかじめ設定した収集対象の LAN スイッチから BridgeMIB<sup>7)</sup>、拡張 BridgeMIB<sup>8)</sup> を収集し、FDB を抽出する。実際に LAN スイッチから得られる FDB は図 1 のようになる。

左が機器の MAC アドレス、右がポート番号を示している。この情報から、どの機器がどのポートに接続されているのかということを知ることができる。LAN スイッチによっては、BridgeMIB、拡張 BridgeMIB のどちらか一方だけしかインプリメントしていない。

MAC アドレス	ポート番号
00:00:85:01:9A:C6	2
00:00:85:20:EA:6A	1
00:00:85:24:30:C4	4
00:00:C9:04:98:2D	1
00:00:E2:35:1E:64	5
...	...

図 1 収集される FDB 情報

そのためこれら 2 つの MIB から FDB を集めている。拡張 BridgeMIB を用いると、VLAN 情報も集めることができるが、すべてのスイッチから集めることはできないので、この情報は捨てている。

### 2.2 ネットワーク構成の推測

接続を推測するにあたって、次のように用語及び表記法を定義する。

#### 定義 1 「接続」

LAN スイッチ同士が直接あるいは他の LAN スイッチを経由して接続されている場合、それを「接続」されているという。

#### 定義 2 「直接接続」

一つの物理線によって直接接続されている場合には、「直接接続」されているという。

#### 定義 3 表記法

Aip: スイッチ i のポート p に接続されているネットワーク機器の MAC アドレスの集合

Cip: スイッチ i のポート p に接続されているスイッチの集合

Dip: スイッチ i のポート p に直接接続されているスイッチ

Mi: スイッチ i 自身の MAC アドレスの集合。LAN スイッチによっては、インターフェースごとに異なる MAC アドレスを持つ等、複数の MAC アドレスを持つ場合がある。

#### 2.2.1 接続の決定

まず、2 つのスイッチの間で、それぞれどのポートをもちいて接続しているかを決定する。

条件1

$$(A_{ip} \cap A_{jq} \neq \phi) \wedge (A_{ip} \cap A_{jm} \neq \phi) \Rightarrow C_{ip} \ni j$$

スイッチ*i*がスイッチ*j*に接続することを決定するためには、スイッチ*i*の別々のポートに接続された2つの機器(MACアドレス)を必要とする。

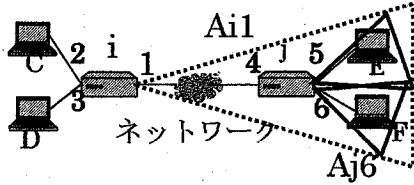


図2 ネットワーク例 (条件1)

図2のようなネットワークでは、 $A_{i1} = \{E, F\}$ であり、 $A_{j5} = \{E\}$ ,  $A_{j6} = \{F\}$ なので、 $(A_{i1} \cap A_{j5} \neq \phi) \wedge (A_{i1} \cap A_{j6} \neq \phi)$ となり、 $C_{i1} \ni j$ となる。

これに条件1aを追加する。

条件1a

$$(A_{ip} \cap M_{jq} \neq \phi) \Rightarrow C_{ip} \ni j$$

スイッチ*i*がスイッチ*j*に接続することを決定するためには、スイッチ*i*のポート*p*にスイッチ*j*自身のMACアドレス  $M_{jq}$  の一つが含まれていることを必要とする。

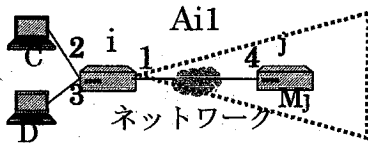


図3 ネットワーク例 (条件1a)

図3のようなネットワークでは、 $(A_{i1} \cap M_{j4} \neq \phi)$ であり、 $C_{i1} \ni j$ となる。

2つのスイッチ間で双方向とも条件1, 1aが適用できればいいが、そうでないとき、条件2を適用する。

条件2

$$(C_{ip} \ni j) \wedge (A_{jq} \cap A_{in} \neq \phi) \Rightarrow C_{jq} \ni i$$

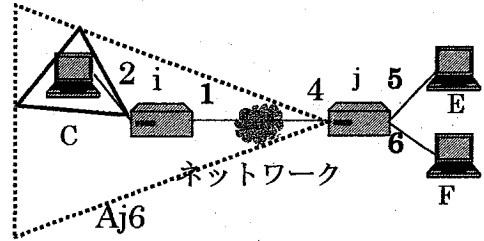


図4 ネットワーク例(条件2)

図4のようなネットワークでは、 $C_{i1} \ni j$ が分かるので、 $(A_{j4} \cap A_{i2}) = \{C\} \neq \phi$ となり、 $C_{j4} \ni i$ となる。

2.2.2 直接接続の推測

ネットワーク構成を推測するためにはスイッチ間の直接接続を決定する必要がある。そこで、条件1, 1a, 2を用いて接続の推測を行い、その推測結果であるLANスイッチ間の接続だけを基に直接接続の推測を行う。直接接続の条件として次の3つを考える。

条件3

$$C_{ip} = \{j\} \Rightarrow D_{ip} = j$$

LANスイッチ*i*のポート*p*にLANスイッチ*j*だけが接続されているとき、スイッチ*i*はスイッチ*j*に直接接続される。

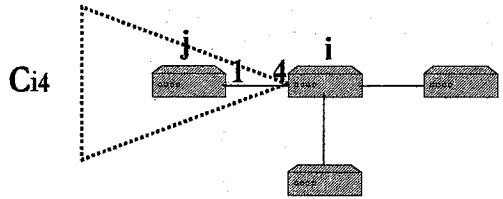


図5 ネットワーク例(条件3)

図5のようなネットワークで、スイッチ*i*の4番ポートには、スイッチ*j*のみが接続されている。よって、スイッチ*i*は4番ポートでスイッチ*j*に直接接続していると決定できる。

条件4

$$(D_{ip} = j) \wedge (C_{jq} \ni i) \Rightarrow D_{jq} \ni i$$

2つのスイッチ間で、スイッチ*i*のポート*p*がスイッチ*j*に直接接続していると決定した場合、スイッチ*j*もポート*q*でスイッチ*i*に直接接続されていると決定できる。

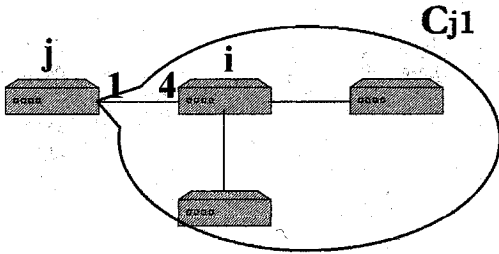


図6 ネットワーク例(条件4)

条件3, 4で決定できない場合を考慮して条件5を考える。

条件5

$$Cip \ni j \wedge Cjq \ni i \wedge (Cip \cap Cjq) \neq \phi \Rightarrow Dip \neq j$$

LANスイッチ*i*のポート*p*にLANスイッチ*j*が接続され、スイッチ*j*のポート*q*にスイッチ*i*が接続されており、さらにスイッチ*i*のポート*p*とスイッチ*j*のポート*q*とに接続される共通のスイッチがあるとき、*i*と*j*が直接接続されることはない。

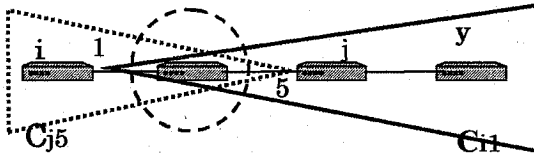


図7 ネットワーク例(条件5)

図7のようなネットワークで、スイッチ*j*はスイッチ*i*に接続されており、スイッチ*i*もスイッチ*j*に接続されている。さらに、 $Ci1 \cap Cj5 \neq \phi$ となるので、 $Di1 \neq j$ となる。

条件5を用いて、直接接続でないスイッチを除外することで、条件3, 4だけでは推測できなかった直接接続を決定できる場合もある。

図8に条件1aを使用しないで推測した結果を示す。図9は、条件1aを使用して推測を行った結果である。図8と図9を見比べてみると、図9の方に図8では推測することのできなかつた直接接続が推測できていることがわかる。

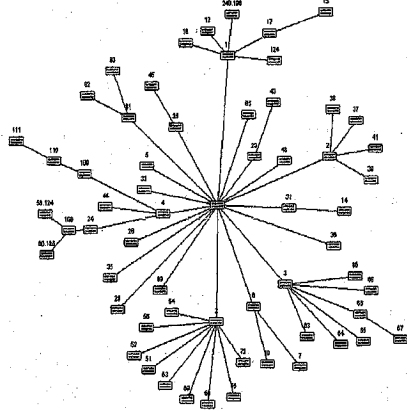


図8 条件1aを使用していない実行結果

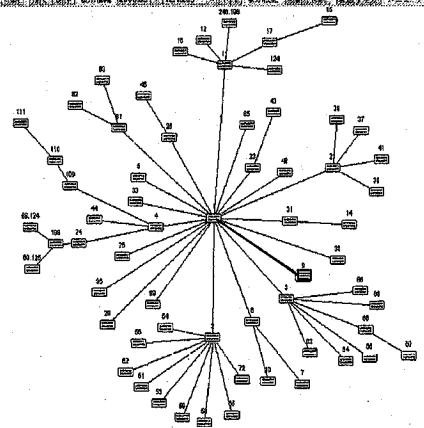


図9 条件1aを使用した実行結果



図10 推測している接続例

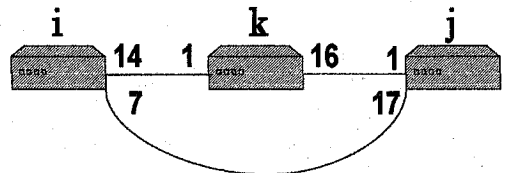


図11 ループを構成するネットワーク例

### 3. ループを考慮した推測

以前、推測したネットワーク<sup>9)</sup>ではループが現れていたが、図 8, 9 では、そのループの部分の推測ができていない。この原因は、2 つの LAN スイッチ間は図 10 のように、1 つの経路のみで接続していると仮定して推測を行っていたためであった。

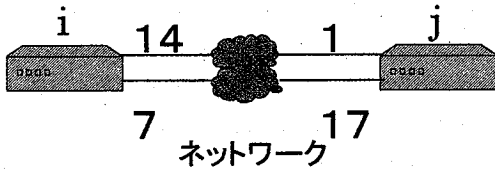


図 12 推測すべき接続例

図 11 のようにスイッチ  $i, j$  間にスイッチ  $k$  を経由する線と直接つながる線を張り、それぞれに異なる VLAN を割り当てて、トラフィックを分散させているネットワークで、スイッチ  $i, j, k$  間の接続を推測したときに、 $i, j$  間,  $j, k$  間,  $k, i$  間それぞれで直接接続である接続が最初に見つければ、結果としてループが発見できる。しかしながら一つでも、そうでなければ、ループは発見できない。そのため、図 12 のように複数のポートで接続されていることも考慮して、2 つの LAN スイッチ間で条件 1, 1a, 2 を繰り返し適用し、存在する全ての接続を推測する必要がある。

実際に 2 つの LAN スイッチ間では複数のポートで接続されていることも考慮して推測を行った結果を図 13 に示す。図 13 の太線の部分を見てわかるように、ループを考慮した推測では、図 8, 9 では推測できなかったループを 2 つ発見できていることがわかる。

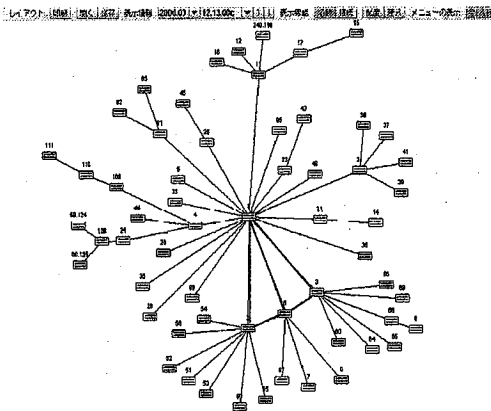


図 13 ループを考慮した実行結果

### 4. 終わりに

LAN スイッチ間の接続関係を推測・表示するネットワーク構成情報表示システムで用いている Layer2 ネットワーク構成推測アルゴリズムについて述べ、そのアルゴリズムのスイッチ自身へ MAC アドレスを考慮した接続の推測とループを考慮した接続の推測について提案した。改良前には推測できなかった接続も推測できている部分もあり、推測精度は向上したと言える。ループを考慮し推測を行うことによって、ループの部分の推測も行うことが確実にできるようになった。

また、現在の推測アルゴリズムで FDB 収集対象としている LAN スイッチのほとんどは推測できている。しかし、全ての LAN スイッチを推測できているわけではない。図 14 は実際の構成図と我々の推測アルゴリズムで推測を行った結果を比較した図であり、太枠・太線で示されているのが、実際の構成図との差分である。主要な部分は推測できているが、収集できる MAC アドレスの数が少ない末端の LAN スイッチがその接続先についてまだ推測できていない。今後の課題としては、この推測できていないスイッチに接続についてできるように推測できるように推測アルゴリズムの改良等を行うことが必要であると考えます。

本研究の一部は科学研究費補助金特定領域研究(課題番号 18049064)の補助による。

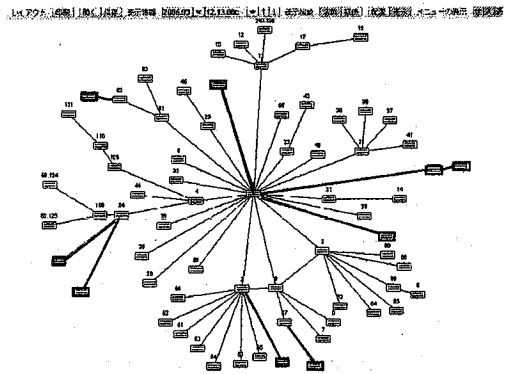


図 14 実行結果(差分)

また、我々の表示システムでは、LAN スイッチ間の接続を示すだけでなく、図 15 のように LAN スイッチ間のポートの対応も示すことができる。他にも、自動配置機能や拡大縮小機能、差分機能などもあり、

ユーザの要望に答えることのできる表示システムとなっている。

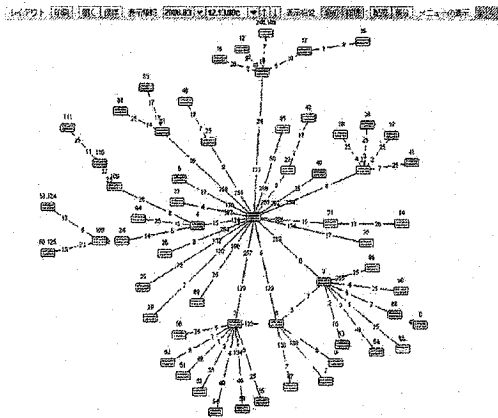


図 15 実行例

#### 参考文献

- 1) 長野, 松浦, 吉田: 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(DPS)ワークショップ論文集, p55-60 (1999)
- 2) 山路, 中谷, 久多良木, 吉田: Layer2 ネットワーク構成情報の推測とその表示について, 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.103-108 (2003)
- 3) 山路, 中谷, 河野, 戸高, 吉田: Layer2 ネットワーク構成の推測について, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2004)シンポジウム論文集, Vol.2004, No.7, pp-631-634 (2004)
- 4) Y. Breitbart, M. Garofalakis, C. Martin, R. Rastogi, S. Seshadri, and A. Silberschatz: Topology discovery in heterogeneous IP networks, Proc. of INFOCOM 2000 (2000)
- 5) Y. Breitbart, M. Garofalakis, B. Jai, C. Martin, R. Rastogi, and A. Silberschatz: Topology Discovery in Heterogeneous IP Networks: The NetInventory System, IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING, VOL. 12, NO. 3, pp.401-2004
- 6) B. Lowekamp, D. R. O'Hallaron, and T. R. Gross,

Topology Discovery for Large Ethernet Networks, Proc. of Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications, p27-31 (2001)

7) E. Decker, P. Langille, A. Rijsinghani, K. McCloghrie: Definitions of Managed Objects for Bridges, RFC 1493, <http://www.ietf.org> (1991)

8) D. Levi, D. Harrington: Definitions of Managed Objects for Bridges with Traffic Classes, Multicast Filtering and Virtual LAN Extensions, RFC 4363, <http://www.ietf.org> (2006)

9) 河野, 釜崎, 吉田: Layer2 におけるネットワーク構成図表示システム, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2005)論文集, Vol. 2005, No. 5, pp. 757-760, (2005)

10) 河野, 釜崎, 平川, 大浦, 吉田: Layer2 ネットワーク構成情報の推測アルゴリズムの改良について, 情報処理学会「分散システム/インターネット運用技術シンポジウム 2005」論文集 pp. 61-66, (2005)

11) 大浦, 河野, 釜崎, 吉田: VLAN を考慮したネットワーク構成情報の推測アルゴリズムについて, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2006)論文集, Vol. 2006, No. 6, pp. 629-632, (2006)