

以 SNMP 為基礎的區域網路拓撲自動偵測 SNMP-based Autodiscovery on Local Area Network

葉友雄
Harrison Yeh

Accton Technology Corporation
harrison@accton.com.tw

林基成
Ji-Cheng Lin

Department of Computer Engineering & Science
University of Yuan-Ze
csjclin@cs.yzu.edu.tw

摘要

本論文設計了一個網路管理工具軟體，實現了網路拓撲管理自動化的構想，使得非專業的管理人員，能夠透過簡單易學的網路管理工具軟體，去管理複雜的網路。本論文提出了『裝置搜尋分類演算法』以及『裝置間相對位置辨別演算法』，透過這2個演算法，可以將網路上存在的裝置偵測到，並且加以分類，同時也可以將各裝置的相對位置關係辨別出來，並且偵測出各裝置間的連接方式，進而將網路拓撲建構起來。

ABSTRACT

Anybody can easily manage a complex network by using the tool even if he has little knowledge about network management. The paper propose two algorithms for the detection of devices and the analysis of network topology respectively.

1. 簡介

1.1 研究動機

普遍地起用區域網路設備，使得網路變得愈來愈龐大。以往管理人員在管理網路拓撲的時後，並不依賴網路管理工具軟體的輔助，網路拓撲資料的維護，完全都以人工的方式來達成。當網路上的設備迅速地增加，就會使得網路變的十分地龐大，這個時後不論設備的加入或移除，都可能出現重新組態的結果，並且管理人員必須調出過去以人工方式建立的網

路拓撲地圖，將實際的網路佈局，重新繪製或加以修正。一旦這樣的結果出現，管理人員在網路拓撲的管理上，將肩負著沉重的負擔，並且疲於奔命。截至目前為止，雖然不斷地有新的網路管理工具軟體的出現，但是對於非專業的管理人員而言，這些工具軟體仍難達到預期的效果。因此『以 SNMP 為基礎的區域網路拓撲自動偵測』的研究，就是在這樣的需求下應運而生，期望將它的研究成果，實際應用在網路管理工具軟體中，這樣管理人員便可以藉由這項工具軟體，來減輕其管理工作上的負擔。

1.2 研究目的

本論文的研究，就是為了要實現網路拓撲管理自動化的構想，提供一套功能完備的網路管理工具軟體，來輔助管理人員管理複雜的網路拓撲，它所涵蓋的範圍有下列幾項：

1. 自動偵測新加入的設備。
2. 自動偵測已移除的設備。
3. 自動更新網路拓撲資料。
4. 自動繪製並儲存網路拓撲地圖。

1.3 研究方法

網路拓撲的管理上，有兩項重要的工作要做。第一項重要的工作是，裝置的自動偵測與裝置資訊資料庫的維護。本論文提出了『裝置搜尋分類演算法』。第二項重要的工作是，各裝置相對位置關係的分析與拓撲資訊資料庫的維護。本論文提出了『各裝置相對位置關係辨別演算法』。

2. 相關研究

2.1 HP OpenView NNM v5.0

HP OpenView NNM (Network Node Manager) v5.0[18][19] 是在 Windows NT v4.0 的環境下所開發的網路管理工具軟體。它是由以下所列的功組合而成。

1. 自動偵測網路上的裝置。
2. 自動分析網路的拓撲。
3. 根據分析的結果，繪製網路拓撲地圖。
4. 狀況發生時，執行指定的功能。
5. 繪製各種統計圖表。
6. 採用分散式網路管理架構。
7. 採用過濾器 (filter) 機制。
8. MIB 管理員。

HP OpenView 在這個版本中，強化了分散式管理的架構，它將工作站分成兩類，第一類是管理工作站 (management station)，第二類是收集工作站 (collection station)。這個版本在自動偵測網路裝置與拓撲地圖上也做了改進。當網管工具啟動之後，就自動展開裝置的偵測與拓撲的分析，事先不必告知偵測的範圍，分析的結果就存放於資料庫中，在此同時也把結果通知拓撲地圖繪製程式，一張完整的網路拓撲地圖就被製作出來。這個版本已做了大幅度的改進，但是仍然沒有主動為管理人員分析樹狀結構的橋接區域網路，必須要靠管理人員以人工的方式來達成。

2.2 IBM NetView

IBM NetView[5][16][17] 是一套在 Windows 3.1 環境下所開發的網路管理工具軟體。同樣的，它也提供了網路拓撲自動偵測的功能。在進行網路拓撲自動偵測功能之前，必須先設定自動偵測的範圍，接下來開始執行自動偵測的功能。IBM NetView 在網路拓撲偵測的設計上仍然有諸多的功能未在這裏出現。包括了，1. 主動為管理人員設定偵測的範圍，2. 主動為管理人員分析網路的拓撲，例如，樹狀結構的橋接區域網路。以上這些功能，必須要靠管理人員以人工的方式來達成。

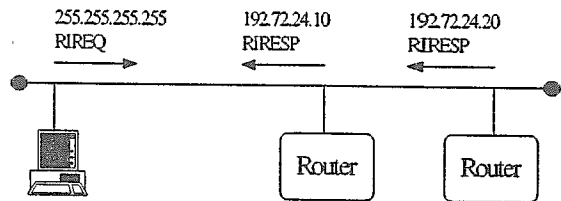
3. 裝置的自動偵測

3.1 路由器裝置的偵測

首先要偵測的便是路由器。為什麼要從路由器先開始著手呢？最主要的原因是，當路由器被偵測到了之後，如果它有提供 SNMP

Agent 功能的話，裝置偵測者便可以從這些路由器得到更進一步的資料，由這些資料便可以得知路由器上到底有多少個埠以及各埠所對應的網路層 IP 位址，由此便可以透過這些埠以及 IP 位址向外延伸，偵測到更多的裝置。

一開始，裝置偵測者在本身所處的子網路上，以廣播的方式，發出 RIP，此時有提供 RIP 功能的路由器，便會回應裝置偵測者一個 RIR。如下圖：



裝置偵測者接收到回應之後，就根據這些訊息，確定目前所偵測到的裝置就是路由器，此時裝置偵測者將針對各別的路由器發出 SNMP 的訊息，來獲得 MIB-II 中的資料。裝置偵測者收集到這些資料並且經過整理之後，便將它們存入裝置資訊資料庫中。

演算法 (Algorithm)

Find_Router()

```
Send broadcast routing information request
to the subnet which is the same as the
network management workstation
```

```
/* wait routing information reply packet */
```

```
Start timer
```

```
Loop:
```

```
On receipt of routing information reply
packet from router r
```

```
Stop timer
```

```
Extract destination router IP
address from this packet
```

```
If this packet is received first time
then
```

```
Send SNMP GET to this
router r to get MIB-II objects
```

```
Endif
```

```
/* wait routing information reply
packet */
```

```
Start timer
```

```
On receipt of MIB-II objects packet
from router r
```

```
If this packet is received first time
then
```

```
Save these objects value to
device information database
```

```
Endif
```

```
If timeout then
```

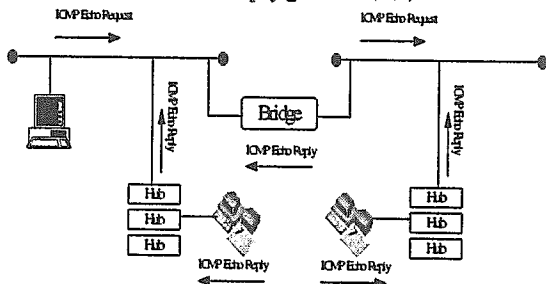
```
If for every SNMP GET reply
packet has been received or
retransmission has failed then
```

```

        Stop find router process and
        begin find device process
    Endif
Endif
Goto Loop
Endloop
    
```

3.2 路由器以外裝置的偵測

裝置偵測者在完成了路由器的偵測任務之後，接下來就是要去偵測網路上其它的裝置，裝置偵測者是以自己本身所在的子網路以及相對應的 IP 位址為首波偵測的對象，它會以廣播的方式，發出「ICMP Echo Request」，此時凡是有提供 ICMP 功能的裝置，均會回應一個「ICMP Echo Reply」。如下圖：



當裝置偵測者接收到「Echo Reply」之後，它仍然無法確切地區分出這個裝置到底是什麼樣的設備？此時裝置偵測者將針對各別未知的裝置發出「SNMP」的訊息來獲得 MIB-II 中的資料。當裝置偵測者收集到這些資料之後，除了將它們存入裝置資訊資料庫之外，接著就開始將個別未知的裝置區別出來。

演算法 (Algorithm)

```

Find_Devices()
  For each subnet do:
    If the subnet s is the same as the
    network management workstation
      Send broadcast ICMP echo
      request to the subnet
    else
      Send an unicast ICMP echo
      request to each device
    Endif
    /* wait ICMP echo reply packet */
    Start timer
    Loop1:
      On receipt of ICMP echo reply
      packet from device d
        Stop timer
        Extract destination device IP
        address from this packet
        If this packet is received first
    
```

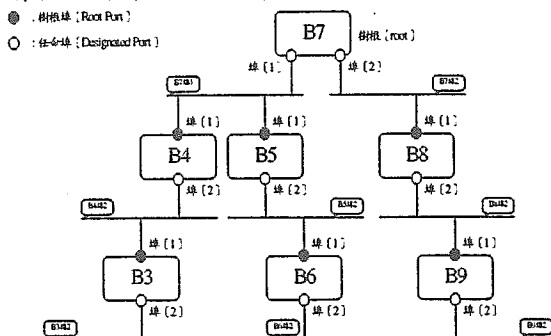
```

    time then
      Send SNMP GET to
      this device d to get
      MIB-II objects
    Endif
    /* wait ICMP echo reply
    packet */
    Start timer
    On receipt of MIB-II objects
    packet from device d
      If this packet is received first
      time then
        Save these objects value
        to device information
        database
      Endif
      If sysServices is 1 then
        /* HUB Device*/
        Send SNMP GET to
        this device to get
        Repeater MIB objects
      else If sysServices is 2 then
        /* Bridge Device */
        Send SNMP GET to
        this device to get
        Bridge MIB objects
      Endif
    Endif
    On receipt of Repeater MIB
    objects packet from HUB h
      If this packet is received first
      time then
        Save these objects value
        to device information
        database
      Endif
    On receipt of Bridge MIB objects
    packet from Bridge b
      If this packet is received first
      time then
        Save these objects value
        to device information
        database
      Endif
    If timeout then
      If for every SNMP GET
      reply packet has been
      received or retransmission
      has failed then
        Exit Loop1
      Endif
    Endif
    Goto Loop1
  Endloop1
    
```

4. 網路拓撲的分析

4.1 子網路內各橋接器的相對位置關係

在一個由橋接器所形成的橋接區域網路裏，它會經過擴張樹協定的運作，而形成一個有根的樹 (rooted tree)。如下圖：



在這個樹上，會有二種節點，一種是由橋接器所構成的節點，另一種是由區段所構成的節點。除了樹根橋接器以外，其它的橋接器會有二種埠，一種是樹根埠，它會連接到父 (parent) 區段，另一種是任命埠，它會連接到子 (child) 區段，樹根橋接器只有任命埠，不會連接到父區段。每個橋接器擁有唯一的識別碼，每個區段也擁有唯一的識別碼，是由任命埠號碼與任命埠所在的橋接器識別碼所組合而成。每個橋接器會為樹根埠記錄父區段識別碼，為任命埠記錄子區段識別碼。

首先要為樹上的橋接器建立一個表格，它記錄了每一個橋接器的每一個埠所連接的區段識別碼。以上圖為例，如下表：

橋接器識別碼	埠號碼	區段 識別碼	
		橋接器識別碼	任命埠號碼
B3	2	B3	2
B3	1	B4	2
B6	1	B5	2
B6	2	B6	2
B4	1	B7	1
B5	1	B7	1
B8	1	B7	2
B9	1	B8	2
B9	2	B9	2

接下來選擇樹根橋接器識別碼開始，從表格中找出被選擇橋接器所連接的子區段識別碼，運用找出的子區段識別碼，再從表格中，分別找出與其相連接的橋接器識別碼，這

些被找出的橋接器分別是這些子區段的兒子 (child)，同時也是被選擇橋接器的兒子，如果被找出的兒子橋接器識別碼與連接父區段的埠號碼組合，得到父區段識別碼相等的結果，這就表示找出的子區段是葉子區段，它們的關係就形成了一棵子樹。

接下來選擇前面所找到的兒子橋接器識別碼，重覆前述的動作，分別找出它們的兒子橋接器，將這樣的關係加入前面所找到的子樹，就形成了一棵更大的子樹，繼續這樣的動作，直到所有的橋接器識別碼被選擇完畢為止。如此，一個完整的有根樹就出現了。

演算法 (Algorithm)

Spanning_Tree_Constructor (v)

```

Find all child segments of v
Expand T by connecting these segments
For each segment which is not a leaf node
    Find all child bridges of the segment
    Expand T by connecting the bridges
    For each bridge u found above
        Spanning_Tree_Constructor (u)
    Endfor
Endfor
    
```

4.2 中樞集線器與子網路內各實際區段的隸屬關係

在橋接區域網路上，中樞集線器存在於不同的實際區段中，每個實際區段只會連接上一個任命埠，在 RFC 1286 Bridge MIB 中所定義的轉發表與 RFC 1516 Repeater MIB 中所定義的位址追蹤表，提供了實際位址與埠對應關係的資訊。從擁有 RC 值最大的橋接器開始，將這兩個表格內的資料，逐一加以比對，一旦發現有相同的部份，就表示這個中樞集線器，是隸屬於與這個橋接器任命埠相連接的實際區段，這樣就可以明確地把中樞集線器與子網路內各實際區段的隸屬關係辨別出來。

演算法 (Algorithm)

Distinction_Relative_Position_between_HUBs_and_Segments()

```

For each bridge Bd
    For each designated port of P
        Set S(Bd, P) := ∅
    Endfor
Endfor
Set Rd := the list of all bridge's ID in RC value of descending order
Set H := the list of all HUB
For each bridge Bd in Rd
    For each HUB h in H
        If there is a physical address A
    
```

which is in both address tracking table of h and forwarding table of Bd then

Set $P :=$ the designated port number such that (A, P) is an entry of the forwarding table of Bd

$S(Bd, P) := S(Bd, P) \cup \{h\}$

Endif

Endfor

Endfor

4.3 中樞集線器與終端電腦的連接關係

拓撲分析者所要做的工作是，將裝置資訊資料庫中所記錄的來源位址(屬於中樞集線器代理者記錄的資料)取出，把它們當作查詢的鍵值，然後去裝置資訊資料庫中找到相對應的實際位址(屬於終端電腦代理者記錄的資料)，如果找到了，我們就可以知道某一部終端電腦，是連接到某一部中樞集線器上的某一個埠。但是這樣還不夠精確，仍然要去查看來源位址記錄改變的次數，如果它小於等於5的話，就可以確定這個實際位址是屬於某一部終端電腦，如果大於5的話，那麼這個接受測試的埠是接上另一部中樞集線器。

演算法 (Algorithm)

Distinction_Relative_Position_between_HUBs_and_Computers()

For each HUB h

Set $Hc(h) := \emptyset$

Endfor

Set H := the set of all HUBs

Set C := the set of all computers

For each HUB h in H

For each computer c in C

If the address tracking table of h has an entry (a, n) such that a is the physical address of c and n is the number which is less equal than 5 of change then

$Hc(h) := Hc(h) \cup \{c\}$

$C := C - \{c\}$

Endif

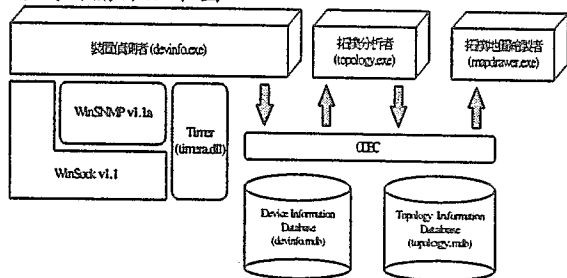
Endfor

Endfor

5. 系統架構與實作

本系統，基本上有兩個部份，第一個部

份是裝置的自動偵測，偵測完了之後，將結果儲存於裝置資訊資料庫中。第二個部份是運用裝置資訊資料庫，分析各裝置的相對位置關係，將結果儲存於拓撲資訊資料庫中，並繪製網路拓撲地圖。在系統實作上是以 Microsoft Windows NT 4.0 為開發平台，以 Microsoft Visual C++ v4.2 為開發工具，使用 Microsoft Access 7.0 來產生資料庫，並且透過 Microsoft ODBC 來存取由 Access 7.0 所產生的資料表。它們的關係如下圖：



6. 結論

本論文的目的，就是要協助網路管理輔助工具軟體，實現網路拓撲管理自動化的構想，使得網路拓撲地圖的繪製、建檔以及存檔，都能夠交由網路管理輔助工具軟體來進行，管理人員只要將網路設備裝到定位就可以了，如此將可有效地降低在網路拓撲管理上的管理人員，使得公司與學校不再增加這方面的人事成本，更進而提昇管理上的效率。

7. 參考文獻

- [1] William Stallings., "SNMP, SNMPv2, and CMIP: the practical guide to network management standards", Addison Wesley, 1993
- [2] DOUGLAS E. COMER, "Internetworking With TCP/IP Vol I: Principles, Protocols, and Architecture Second Edition", PRENTICE-HALL, INC, 1991
- [3] Yau-Nian Tsai, "The Design and Implementation of a Bridge Tester", 6/29/1994
- [4] "Technical Tips Configuring Transparent Bridging", Cisco Systems Inc, 1996
- [5] "Getting Started with NetView for Windows", IBM, 1996
- [6] "HP OpenView for Windows / Workgroup Node Manager", HP, June 24, 1996
- [7] Art Wittmann and Bruce Boardman, "Enterprise Management Is Just Around

- The Corner", HP, October 15, 1995
- [8] "Network Management / Optivity Workgroup", Bay Networks, 1996
 - [9] "Transcend Network Management Architecture", 3Com Corporation, June 13, 1996, 3Com
 - [10] "Transcend Network Management For Windows / SNMP-based, integrated management that provides enterprise-wide RMON monitoring and analysis on Windows platforms", 3Com Corporation, July 16, 1996
 - [11] "VlanDirector --- Managing Virtual LANs", Cisco Systems, Nov 27, 1995
 - [12] "SPECTRUM 4.0 / Multivendor Enterprise Management Platform", Cabletron Systems, Inc., 1995, 1996
 - [13] Mary Jander, "Distributed Net Management In Search of Solutions / Looking to match management to client-server technology ? Here are some options", DATA COMMUNICATION, FEBRUARY 1996
 - [14] Glenn Mansfield, M. Ouchi, K. Jayanthi, Y. Kimura, Kohei Ohta, Yoshiaki Nemoto, "Techniques for automated Network Map Generation using SNMP"
 - [15] Scott Pleitner, Darren Brown, "Geotracer: A Visual Traceroute", June 19, 1995
 - [16] "HP OpenView for Windows / Workgroup Node Manager User's Guide", HP, 1995
 - [17] "NetView for Windows / Using NetView for Windows Version 2", IBM, July, 1995
 - [18] "HP OpenView A Guide to Scalability and Distribution for Network Node Manager", HP Part No. J1120-90001, March 1997
 - [19] "HP OpenView Using Network Node Manager", HP Part No. J1120-90000, March 1997
 - [20] Henning Schulzrinne, "World Wide Web: Whence, Whither, What Next?", IEEE Network, March/April 1996
 - [21] Franck, Luca Deri and Metin Feridun, "Network Management using Internet Technologies", IBM CER, IBM Zurich Research Laboratory, 1997
 - [22] "Definitions of Managed Objects for IEEE 802.3 Repeater Devices using SMIV2", RFC 2108, February 1997