

# IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol 符合性(Conformance)及互通性(Interoperability)測試

## I. 實驗目的

本實驗的目的為學會如何利用 Ixia IxANVL (Automated Network Validation Library)來測試橋接器(Bridge)或交換器(Switch)所實作之 Spanning Tree Protocol (STP)是否有符合 IEEE 802.1D Media Access Control (MAC) Bridges 標準，也就進行符合性(Conformance 測試。另外本實驗也介紹如何按照 University of New Hampshire InterOperability Laboratory (UNH-IOL)的 Spanning Tree Protocol - Multi-System Interoperability Test Suite 來進行 Spanning Tree Protocol 的互通性(Interoperability)測試。

茲將本實驗的具體目的條列如下：

- 一、瞭解 Spanning Tree Protocol 的用途及運作方式。
- 二、學會操作及設定 Bridge 或 Switch 之 Spanning Tree Protocol。
- 三、學會使用 IxANVL 測試軟體來進行符合性測試。
- 四、學會依照 UNH-IOL 的 STP Test Suite 來進行互通性測試。
- 四、學會分析及解釋測試結果。

實驗報告內容應是經過討論、整理、濃縮後而得，內容應包含：實驗題目、參與人員及單位、目的、設備、方法、記錄、問題討論、心得。

## II. 實驗設備

本實驗所用到的硬體及軟體設備如下兩個表格所示。

### 一、硬體

項目	數量	備註
個人電腦 PC	1 台	
網路卡	4 張	
橋接器或交換器	4 台	須支援 STP 功能
Agilent Router Tester 900 測試儀器	1	
網路線	10 條以上	
中繼器(Repeater)	1 台	集線器 Hub 就具有中繼器功能

待測物控制線(Console Cable)	4 條	
-----------------------	-----	--

## 二、軟體

項目	數量	備註
RedHat Linux	1	須安裝 X-Window
Windows 2000 或以上	1	
IxANVL STP Test Suite	1	
Agilent Router Tester 900 測試軟體	1	

## III. 背景資料

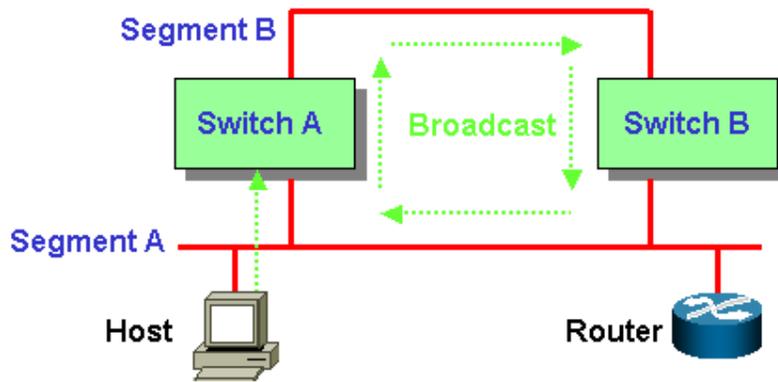
### 一、Spanning Tree Protocol 簡介

Spanning Tree Protocol (STP)是執行在橋接器(Bridge)或是交換器(Switch)上的一種 Layer 2 協定，STP 的規格是定義在 IEEE 802.1D 標準規範中。STP 的主要目的是在使用 Bridge 或 Switch 連接成網路時，來避免因為使用冗餘路徑(Redundant Path)機制而造成有迴圈(Loop)的情況發生。STP 可以偵測及免除網路迴圈，並且在 Bridge 或 Switch 之間提供備用的連線，STP 允許 Bridge 或 Switch 與其他 STP 相容的裝置互動，來確保在網路上的兩個節點之間只有一條路徑存在。

若是一個冗餘拓撲(Redundant Topology)沒有使用 STP 的話，將會發生下列問題。

#### 1. 廣播風暴(Broadcast Storm)

若是沒有 Spanning Tree 迴圈避免機制的話，每個 Bridge 或 Switch 將會永無止境地 Flood 廣播封包至所有的 Port 上，這種現象稱為廣播風暴。廣播風暴的發生如圖一及以下說明。

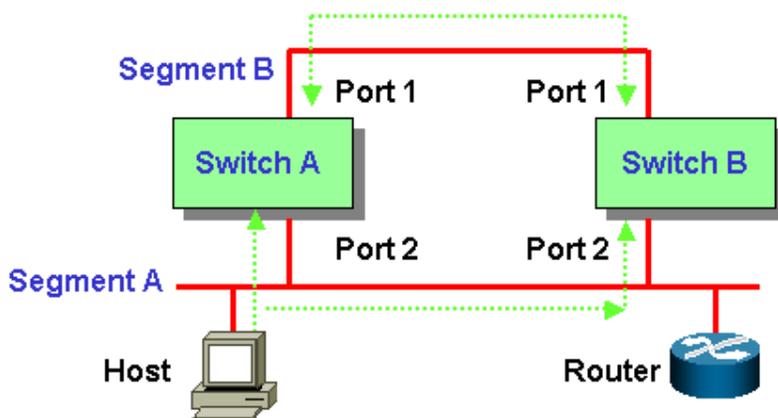


圖一 廣播風暴

- 1) 當 Host 送出一個 Broadcast Frame (例如 ARP Request) 至 Router 時，Frame 將會被 Switch A 收到。
- 2) Switch A 辨認 Frame 中的 Destination MAC Address 欄位 (Broadcast: FF:FF:FF:FF:FF:FF)，然後決定將 Frame Flood 至 Segment B。
- 3) 當 Broadcast Frame 抵達 Switch B 後，Switch B 將會依上述步驟，Flood 該 Frame 至 Segment A。
- 4) 此 Broadcast Frame 將會永遠無境地在這個網路迴圈中傳送，即使 Router 已經收到此 Frame。

## 2. 過濾資料庫不穩定(Filtering Database Instability)

當一個 Frame 的數個複本抵達一台 Bridge 或 Switch 不同的 Port 上時，在 Filtering Database 中的 MAC 映對資料將會不穩定，如圖二及以下說明。



圖二 過濾資料庫不穩定

- 1) Host 要送出一個 Unicast Frame 給 Router (Source 為 Host 的 MAC Address，

Destination 為 Router 的 MAC Address)，此時 Switch A 及 Switch B 都會收到此 Frame，而且從 Port 2 上學到 Host 的 MAC Address。

- 2) Switch A 還沒有學到 Router 的 MAC Address，所以 Switch A 會將 Frame Flood 到 Segment B。
- 3) 當 Frame 從 Switch A 抵達 Switch B 時，Switch B 會從 Filtering Database 中刪除第一筆資料(Host MAC Address 在 Port 2)，然後把 Host MAC Address 在 Port 1 的資訊加入 Filtering Database。此時 Switch B 學到錯誤的資訊(Host MAC Address 在 Port 1)，Switch B 最後無法正確無誤地轉送資料，因為其 Filtering Database 中 MAC Address 與 Port 的映對是呈現不穩定的狀態。

## 二、Spanning Tree Protocol 的運作方式

Spanning Tree 提供了一個無迴圈的網路，當一台支援 STP 的 Switch 在網路拓撲中發現有迴圈的狀況，它會擋住(Block)一個或多個冗餘的 Port，Spanning Tree 持續不斷地探索此網路，當發現網路拓撲有改變時，STP 會自動利用擋住某些 Port 的特性能避免錯誤的情況發生。

執行 Spanning Tree 演算法的 Bridge 或 Switch 會定期交換組態訊息，此組態訊息是一種稱為 BPDU (Bridge Protocol Data Unit)或 Hello Message 的 Multicast Frame。根據 BPDU 的內容，這些 STP 裝置將可以以樹狀結構的方式來建構一個無迴圈的網路。STP 的運作方式如下所述。

### 1. 選出一個 Root Bridge

在一個網路中只能有一台 Bridge 或 Switch 能被選為 Root Bridge，此 Root Bridge 決策此網路中所有的事情，例如哪一個 Port 被 Block 及哪一個 Port 進入 Forwarding 模式，Root Bridge 是樹狀網路中的根(Root)。

- 1) 在 BPDU 有一個很重要的欄位稱為 Bridge ID，每台 Bridge 均有獨一無二的 Bridge ID，Root Bridge 為在 Spanning Tree 網路中擁有最低 Bridge ID 的 Bridge 或 Switch。
- 2) Bridge ID 包含 Bridge Priority (2 Bytes)與 Bridge MAC Address (6 Bytes)兩部份，預設的 802.1D Bridge Priority 值為 32768。舉例來說，一台 Switch 的 Bridge Priority 為 32768 (十六進位為 8000)，而 MAC Address 為 00:A0:C5:12:34:56，則其 Bridge ID 為 8000:00A0:C512:3456。
- 3) Root Bridge 的所有 Port 均為 Designated Port，Designated Port 永遠都是在 Forwarding 的狀態，當在 Forwarding 狀態時，一個 Port 就能接受及傳送資料。

## 2. Non-Root Bridge 選出一個 Root Port

對於不是 Root 的 Bridge 或 Switch 來說，它只會有一個 Root Port 的存在，Root Port 的用途是讓 Non-Root Bridge 來與 Root Bridge 溝通，Root Port 在樹狀結構中是於屬葉子(Leaf)的角色。

- 1) Root Port 是 Non-Root Bridge 連至 Root Bridge 所有 Port 當中擁有最低 Path Cost 的 Port，Root Port 通常都是在 Forwarding 狀態。
- 2) Path Cost 也就是某個 Port 在一個區域網路上傳輸一個 Frame 至 Root Bridge 的所有 Cost 總和。Path Cost 是根據連線的頻寬來指定，愈慢的傳輸媒介其 Cost 也就愈高，IEEE 802.1D 中定義的 Path Cost 如表一所示。

表一 IEEE 802.1D 中所定義的 Path Cost

Link Speed	Recommended Cost	Recommended Cost Range
4Mbps	250	100 to 1000
10Mbps	100	50 to 600
16Mbps	62	40 to 400
100Mbps	19	10 to 60
1Gbps	4	3 to 10
10Gbps	2	1 to 5

- 3) 當有多個 Port 都有相同的 Path Cost 連線至 Root Bridge，則有最低的 Port Priority 的 Port 將會選為 Root Port。

## 3. 為每一個網路區段(Segment)選出一個 Designated Port

每個區域網路區段(Collision Domain)都有一個 Designated Port，Designated Port 有最低的 Cost 連線至 Root Bridge，Designated Port 通常是在 Forwarding 的狀態，而且從該 Segment 轉送及接收資料。若是在一個 Segment 中有超過一個以上的 Port 有相同的 Path Cost，則有最低 Bridge ID 的那個 Port 將會被選為 Designate Port。

## 4. Spanning Tree Protocol 的運作

在 STP 決定了最低 Cost 的 Spanning Tree 後，它將會 Enable 所有的 Root Port 及 Designated Port，而其他的 Port 將會被設為 Disable，網路封包只會在 Root Port 及 Designated Port 之間傳送，因而排除了任何可能的網路迴圈發生。有 STP 功能的裝置彼此會定期交換 BPDU，當網路拓撲發生任何變化時，一個新的 Spanning Tree 就會被建構出來。

一旦一個穩定的網路拓撲建立後，所有的 Bridge 都會收聽從 Root Bridge 所傳送過來的 Hello BPDU，若是有一個 Bridge 在一個事先定義的時間內(Max Age)沒有收到 Hello BPDU，此 Bridge 就會假設通到 Root Bridge 的連線斷了，然後此

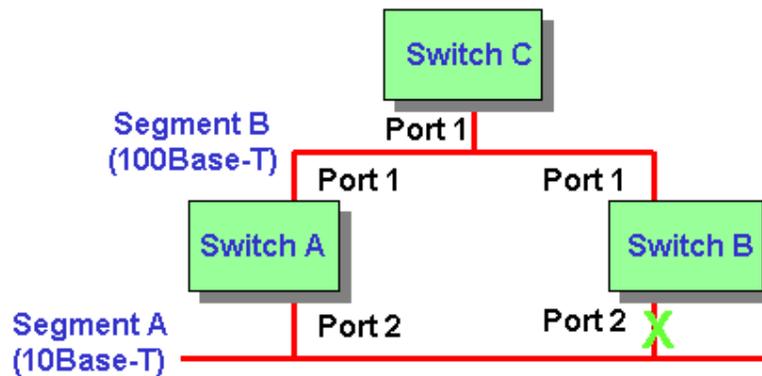
Bridge 會和其他的 Bridge 溝通來重新組態網路，重新建立起一個有效的網路拓撲。

### 三、Spanning Tree Protocol 範例

給定三台 Switch，其設定及接線如表二及圖三所示，請用 Spanning Tree Algorithm 求出各 Switch 及其 Port 的狀態。

表二 Spanning Tree Protocol 範例

Switch A: MAC = 00A0C5111111 Priority = 32768		Switch B: MAC = 00A0C5222222 Priority = 32768		Switch C: MAC = 00A0C5333333 Priority = 1	
	Port 1	Port 2		Port 1	Port 2
Cost	19	100	Cost	19	100
Priority	128	128	Priority	128	128



圖三 Spanning Tree Protocol 範例

答：

- 1) Switch A Bridge ID = 8000:00A0:C511:1111，Switch B Bridge ID = 8000:00A0:C522:2222，Switch C Bridge ID = 0001:00A0:C533:3333，因為 Switch C 有最低的 Bridge ID，所有 Switch C 是 Root Bridge，Root Bridge 的所有 Port 都是 Designated Port，因此 Port 1 是 Designated Port。
- 2) 對於 Non-root Bridge 的 Switch A 來說，Port 1 連至 Root Bridge 的 Path Cost 為 19，Port 2 的 Path Cost 為 119 (因 Switch A Port 2 的 100 加上 Switch B Port 1 的 19)。對 Switch B 來說，Port 1 的 Path Cost 為 19，Port 2 的 Path Cost 為 119，Root Port 為 Switch A 的 Port 1 及 Switch B 的 Port 1，因為它們有最低的 Path Cost 連線至 Root Bridge (Switch C)。
- 3) 在 Segment A，Switch A 的 Port 2 及 Switch B 的 Port 2 有相同的 Path Cost 連線至 Root Bridge，因為 Switch A 比 Switch B 有較低的 Bridge ID，所以

Designated Port 被選在 Switch A 上，所以 Switch A 的 Port 2 為 Designated Port。

4) Switch B 的 Port 2 被設為 Blocking 狀態，也就是在該 Segment 上的非 Designated Port，其他所有的 Designated Port 及 Root Port 都被設為 Forwarding 狀態。

#### 四、Spanning Tree Protocol 符合性及互通性測試

當廠商在設計及實作產品的時候必須要參考一些標準文件，例如 IEEE、IETF 或 ITU 所規範的標準，符合性測試就是測試廠商所實作出來的產品符合標準規範的程度，符合性測試的 Test Case 相當多，每個 Test Case 的結果可能為通過或是失敗，沒有通過的原因可能是廠商沒有實作標準規範中的某些項目，或者是用自己的定義的方式來實作某個功能。本實驗是測試一台 Bridge 或是 Switch 上的 Spanning Tree Protocol 符合 IEEE 802.1D 標準規範的程度。

產品實作出來後會面臨到的另外一個問題就是互通性的問題，由於各家廠商對於標準規範的解釋不一，或者是沒有實作某些項目，或者是用自己的方法來實作產品，所以可能會造成各家廠商的產品都有支援 Spanning Tree Protocol，但是在某些情況底下可能無法互通，因此互通性測試就是測試某台 Bridge 或 Switch 是否可以跟其他廠商有支援 Spanning Tree Protocol 的產品互通。

## IV. 實驗方法

### Spanning Tree Protocol 符合性測試

#### 一、測試平台接線

測試之前必須要先把待測物(Device Under Test; DUT)與 IxANVL 測試電腦接線，。另外，也要把待測物的 Console Port 接線至電腦上的 RS-232 介面上。詳細的接線步驟會在實驗步驟中說明。

#### 二、待測物設定

進行 Spanning Tree Protocol 之符合性(Conformance)測試之前必須先要打開待測物的 Spanning Tree Protocol 功能，而且 Spanning Tree Protocol 的各項參數採用預設值即可。

#### 三、IxANVL 測試軟體設定

IxANVL 必須要針對待測物的相關資訊來進行一些設定，例如待測物某個 Port 的 MAC Address，另外也要設定 IxANVL 在測試時所會用到的一些參數，詳細的設定說明在實驗步驟中會說明。

#### 四、測試軟體執行

設定完待測物的組態及測試軟體的參數後便可以開始執行 IxANVL，IxANVL 的 Spanning Tree Protocol Test Suite 共有 53 個 Test Cases，一次執行所有的 Test Case 或是只勾選想要測試的 Test Case，在本實驗中，我們是一次執行一個 Test Case。

#### 五、測試結果記錄及解釋

IxANVL 在測試的過程中會產生記錄檔(Log file)，而且也會顯示測試的結果，測試者必須要詳細記錄各種資訊，包括待測物的組態檔、IxANVL 的設定檔及每個 Test Case 的詳細結果。

### Spanning Tree Protocol 互通性測試

#### 一、詳細閱讀 UNH-IOL Spanning Tree Protocol - Multi-System Interoperability Test Suite 文件

在進行之前必須要先詳細閱讀 UNH-IOL 的 STP Interoperability Test Suite，以瞭解整個測試的目的、敘述、接線、步驟及欲觀察的結果，IOL 的 STP Interoperability Test Suite 一共有 5 個 Test Case。UNH-IOL 所有的 Test Suite 可以從 <http://iol.unh.edu/> 中的 Bridge Functions Consortium 取得。

#### 二、測試平台接線

測試之前必須要把待測物(Device Under Test; DUT)與需要的設備接線，例如把多台 Switch 及 Agilent Router Tester 900 接線在一起，測試者必須要依照 STP Interoperability Test Suite 中各 Test Case 中的 Test Setup 來接線，不同的 Test Case 會有不同的接線方式。

#### 三、設定待測物及相關裝置的動作及參數

在測試的過程中，測試程序會要求測試者對待測物或是相關的裝置的動作或是參數，測試者應該依照要求來進行操作。

#### 四、操作 Agilent Router Tester 900 來攫取及傳送資料

在測試的過程中，測試程序可能會要求測試者進行資料的攫取及傳送，所以測試者必須要操作 Agilent Router Tester 900 來進行相對應的動作，例如打開某個 Port 的封包監聽(Sniffer)功能以及送出 unicast、multicast 及 broadcast 封包。

#### 五、執行 Test Suite 中的測試程序

接線完畢後，測試者必須要依照 Test Suite 的的測試程序(Procedure)來操作，

測試程序可能有包括設定待測物、改變接線方式及設定測試設備等動作。

## 六、測試結果記錄及解釋

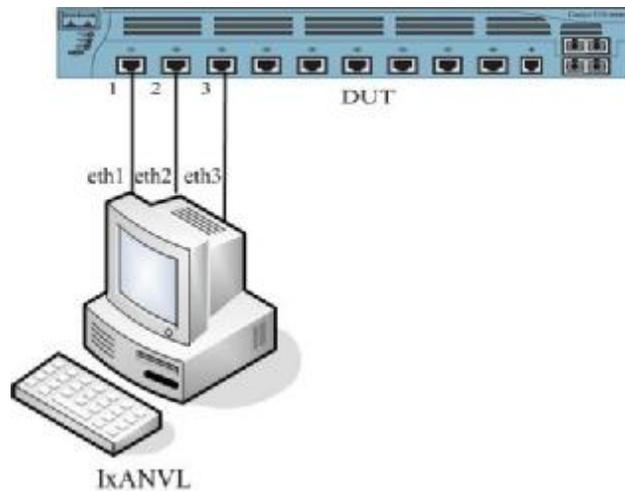
Test Suite 會要求測試者觀察測試的結果是否正確，測試者必須要把待測物的組態及各 Test Case 的結果記錄下來，並且解釋結果。

# V. 實驗步驟

## Spanning Tree Protocol 符合性測試

### 一、測試平台接線

我們把 IxANVL 電腦上的第二張網路卡(eth1)、第三張網路卡(eth2)及第四張網路卡(eth3)分別用網路線連接至待測物的第 1、2 及 3 個埠(Port)上，接線完畢後即完成測試平台的接線。注意第一張網路卡(eth0)是給測試軟體 IxANVL 檢查用，實際測試時並不用與待測物接線。另外，也要記得把待測物的 Console Port 接線至電腦上的 RS-232 介面上。



圖四 測試平台接線

### 二、設定待測物的 Spanning Tree Protocol 功能(此處待測物以 SMC ES-3626G Switch 為例)

1. 打開 Spanning Tree Protocol 功能：

```
Console# conf
Console(config)#spanning-tree mode stp
Console(config)#exit
```

Console#

2. 設定完畢後可以使用 show spanning-tree 命令來察看是否設定正確：

```
Console#show spanning tree
```

```
Bridge-group information
```

```
-----  
Spanning tree mode :STP
```

```
Spanning tree enable/disable :enable
```

```
Priority :32768
```

```
Bridge Hello Time (sec.) :2
```

```
Bridge Max Age (sec.) :20
```

```
Bridge Forward Delay (sec.) :15
```

```
Root Hello Time (sec.) :2
```

```
Root Max Age (sec.) :20
```

```
Root Forward Delay (sec.) :15
```

```
Designated Root :32768.0000ABCD0000
```

```
Current root port :0
```

```
Current root cost :0
```

```
Number of topology changes :9
```

```
Last topology changes time (sec.):435571
```

```
Transmission limit :3
```

```
Path Cost Method :long
```

```
...
```

3. 若是在測試的過程中 IxANVL 跳出視窗要求測試者更改 MAC Address Table 的 Aging Time，則可以使用以下指令來更改，下例中的 300 是指 300 秒。

```
Console# conf
```

```
Console(config)#mac-address-table aging-time 300
```

4. 待測物各指令的詳細指令請自行參閱待測物的說明手冊。

**【記錄 1】** 記錄待測物的組態設定，此處可以用 show running-config 指令來顯示待測物的設定。

### 三、IxANVL 測試軟體設定

1. 在 X-Window 底下執行 IxANVL

```
cd /anvl (假設 IxANVL 是被安裝在/anvl 目錄)
```

```
./xanvl
```

## 2. 選擇執行 Spanning Tree Protocol 之 Test Suite

在 XANVL 視窗中展開 Bridging Test Suites，選擇 Spanning-Tree，然後再按下執行按鈕，Spanning Tree Protocol Test Suite 的執行視窗即會出現。

## 3. 設定 IxANVL 的組態(Configuration)

在設定 IxANVL 的組態前，請先查出待測物的各項資訊，例如待測物的 Bridge Priority、Hello Time、Max Age 等等，再把實際的資料填入 IxANVL 的組態設定中，設定完畢後將組態設定存檔。表三為 IxANVL 的組態設定說明及範例。

表三 IxANVL 的組態設定說明

欄位	說明	範例
DUT Hostname	待測物的名稱	SMC_ES-3626G
802.1d Bridge Address	待測物的 802.1d Bridge Address	02:22:18:24:1a:0b
802.1d Bridge ID	待測物的 802.1d Bridge ID，請使用範例中全部為 0 的數值	0:0:0:0:0:0:0
802.1d Bridge Priority	待測物的 802.1d Bridge Priority	0x8000
802.1d Bridged Data Protocol	待測物的 802.1d Bridged Data Protocol	0xFFFF
802.1d Virtual Net BPDU Interval	在 Test Case 8.2 Virtual Network Emulation 中傳輸 Config BPDUs 的時間間距，單位為 millisecond	1000
802.1d Virtual Net Test Duration	執行 Test Case 8.2 Virtual Network Emulation 時間，單位為 millisecond	120
STP Bridge Forward Delay	待測物的 STP Bridge Forward Delay，單位為 second	15
STP Bridge Hello Time	待測物的 STP Bridge Hello Time，單位為 second	2
STP Bridge Max Age	待測物的 STP Bridge Max Age，單位為 second	20
802.1d Packet Rate	待測物所能掌控的封包傳輸速率	50
Network Interface 1 Selection	待測物 Port 1 的網路傳輸標準	Ethernet
Ethernet Interface	IxANVL 與待測物 Port 1 連接的網路卡名稱	eth1
DUT MAC Address	待測物 Port 1 的 MAC Address	02:22:18:24:1a:0c
802.1d Port Number	待測物 Port 1 的 Port Number	1
802.1d Port Priority	待測物 Port 1 的 Port Priority	0x80
802.1d Bridged Data Encapsulation	待測物 Port 1 傳輸 Data Frame 時採用的 Encapsulation 方式	SNAP
Network Interface 2		

Selection	待測物 Port 2 的網路傳輸標準	Ethernet
Ethernet Interface	IxANVL 與待測物 Port 2 連接的網路卡名稱	eth2
DUT MAC Address	待測物 Port 2 的 MAC Address	02:22:18:24:1a:0d
802.1d Port Number	待測物 Port 2 的 Port Number	2
802.1d Port Priority	待測物 Port 2 的 Port Priority	0x80
802.1d Bridged Data Encapsulation	待測物 Port 2 傳輸 Data Frame 時採用的 Encapsulation 方式	SNAP
Network Interface 3		
Selection	待測物 Port 3 的網路傳輸標準	Ethernet
Ethernet Interface	IxANVL 與待測物 Port 3 連接的網路卡名稱	eth3
DUT MAC Address	待測物 Port 3 的 MAC Address	02:22:18:24:1a:0e
802.1d Port Number	待測物 Port 3 的 Port Number	3
802.1d Port Priority	待測物 Port 3 的 Port Priority	0x80
802.1d Bridged Data Encapsulation	待測物 Port 3 傳輸 Data Frame 時採用的 Encapsulation 方式	SNAP

【記錄 2】記錄 IxANVL 的組態設定值(Configuration)於表三中。

### 3. 設定 IxANVL 的參數(Parameters)

在設定 IxANVL 的組態前，請先查出待測物的規格及支援的功能，例如待測物的 MAC Address Table 的容量及 Aging Time 等，再把實際的資料填入 IxANVL 的參數設定中，設定完畢後將參數設定存檔。表四為 IxANVL 的參數設定說明及範例。

表四 IxANVL 的參數設定說明

欄位	說明	範例
Reboot Time	待測物重新開機所需的時間	60
802.1d Filter Table Aging Time	測測物 Filter Table (MAC Address Table)的 Aging Time	300
802.1d Filter Table Size	待測物 Filter Table (MAC Address Table)的容量。在 Test Case 1.3 中會使用到此欄位	8000
802.1d Stress Number Addresses	指定在 Test Case 8.1 learning stress test 中欲使用的 MAC Address 數量	1000

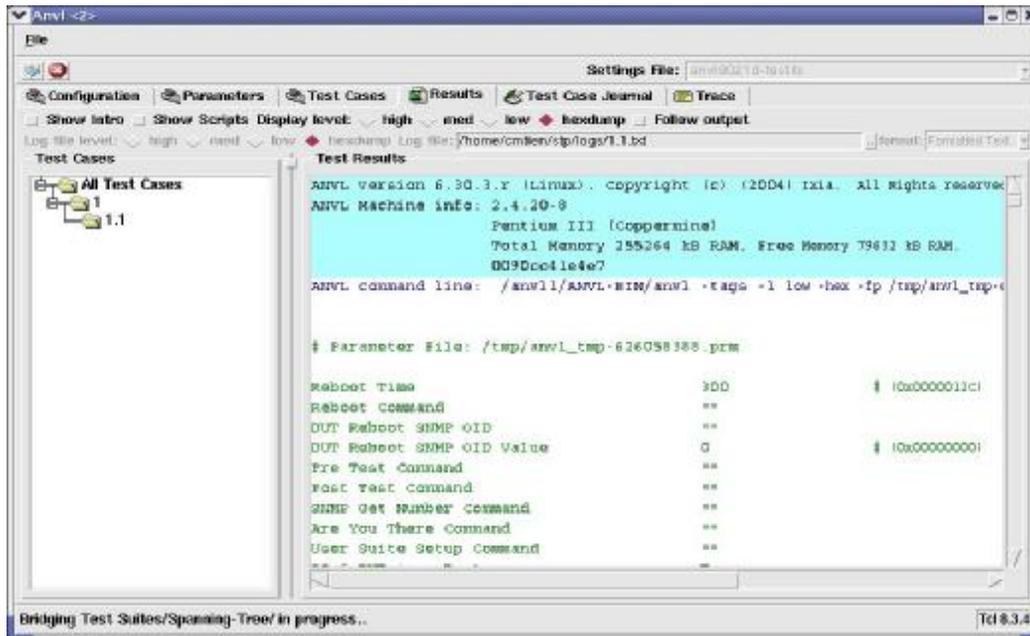
【記錄 3】記錄 IxANVL 的參數設定值(Parameters)於表六中。

#### 四、測試軟體執行

1. 在 ANVL 視窗 Test Cases 中選擇所要測試的 Test Case，在本實驗中我們是測試只執行一個 Test Case，例如要執行 Test Case 1.1，則只要勾選此 Test Case 即可。

2. 按下執行按鈕(Run a test folder)便開始執行所選擇的 Test Case，此時將 ANVL 視窗切換至 Trace，察看是否有任何錯誤訊息發生，若有錯誤，則檢查待測物及 IxANVL 的設定是否錯誤，若無錯誤，則將 ANVL 視窗切換至 Results，察看測試的過程及結果。

3. 在 Results 視窗中會顯示測試的過程及結果，Display level 是調整顯示測試過程的詳細程度，共有 high、med、low 及 hexdump 可以選擇，若要察看最詳細的過程則選擇 hexdump。同樣地，在 Log file level 中也可以設定記錄檔記錄測試過程的詳細程度。圖五為 IxANVL 執行 Test Case 1.1 的畫面。



圖五 IxANVL 的執行畫面

【記錄 4】將每個 Test Case 測試的過程存成不同的記錄檔(Log)，記錄的詳細程度請選擇 hexdump。

4. 若在測試的過程中 IxANVL 跳出視窗要求測試者設定測待物，則請按照視窗的指示來設定待測物，之後再繼續執行 IxANVL。

5. 測試完某個 Test Case 後，請將測試的結果以及錯誤原因記錄至「Spanning Tree

Protocol Conformance 測試記錄表格」。

【記錄 5】記錄 IxANVL 的測試結果於本實驗所提供的「Spanning Tree Protocol Conformance 測試記錄表格」表格中。

6. 繼續下一個 Test Case 的測試，直至 53 個 Test Case 統統測完。

## 五、測試結果記錄及解釋

IxANVL 在測試的過程中會產生記錄檔(Log file)，而且也會顯示測試的結果，本實驗要求測試者記錄以下資訊，其中第 1 至 4 項可以從待測物或是 IxANVL 中取得，第 5 項 Conformance 測試結果記錄表格則請使用本實驗所提供的「Spanning Tree Protocol Conformance 測試記錄表格」檔案。

1. 待測物的組態檔(DUT running-config)
2. IxANVL 之組態檔(IxANVL Configuration)
3. IxANVL 之參數檔(IxANVL Parameters)
4. IxANVL 之記錄檔(IxANVL Results log file)
5. Conformance 測試結果記錄表格

測試者必須要把每個 Test Case 測試的結果記錄在表格中，測試的結果可能是通過(Passed)或是失敗(Failed)，如果遇到失敗的 Test Case，則必須要記錄失敗的原因，也就是 IxANVL 所出現的測試錯誤訊息。完成表格後，測試者必須要統計 Spanning Tree Protocol 測試的通過率，另外也解釋 Test Case 失敗的可能原因。詳細的記錄項目及記錄方式請參考本實驗所提供的「IxANVL 測試結果記錄要點」。

## Spanning Tree Protocol 互通性測試

### 一、詳細閱讀 UNH-IOL Spanning Tree Protocol - Multi-System Interoperability Test Suite 文件

(此處以 Test Case D.1.1 - Link Failure 為例)

1. 測試目的、參考標準、資源需求、討論

**Purpose:** To ensure that the device under test (DUT) can properly reconfigure the Spanning Tree in the event of link failure on one of its Ports.

Purpose 說明 Test Case D.1.1 的測試目的。

**References:** Testing Stations capable of transmitting and receiving arbitrary MAC frames.

References 說明 Test Case D.1.1 的參考標準規範文件。

**Last Modification:** June 12, 2001

Last Modification 說明 Test Case D.1.1 的最後更新日期。

**Discussion:** This test verifies that the DUT can properly reconfigure the Spanning Tree when a link between the DUT and a Spanning Tree capable Bridge is broken. This tests both a Port in the Forwarding State and Ports in the Blocking State on the DUT, as well as Basic Spanning Tree Interoperability. Disconnecting the Blocking Ports should have no effect on network traffic. Disconnecting the Forwarding Port should eventually put a Blocking Port into the Forwarding State.

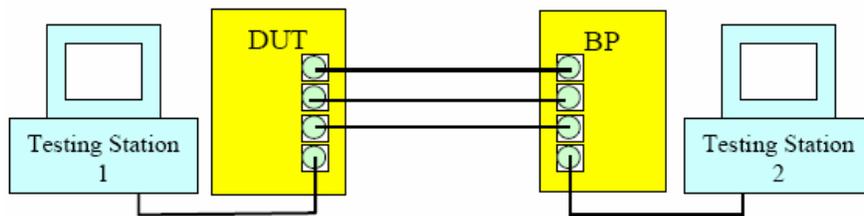
Please note that this test is an interoperability test. Therefore, failure against any one device does not necessarily indicate nonconformance. Rather, it indicates that the two devices are unable to work "properly" together and that further work should be done to isolate the cause of the failure.

Discussion 討論 Test Case D.1.1 的意義以及其互通性測試的詳細說明。

## 二、測試平台接線

**Test Setup:** Connect the DUT to the Bridge Partner with three links as shown in Figure 1 below. Enable Spanning Tree on both devices. Connect Testing Station 1 to the DUT and Testing Station 2 to the Bridge Partner. The operations of multiple Testing Stations can be implemented with just one multi-port Testing Station, but are shown as separate devices for simplicity.

Test Setup 說明 Test Case D.1.1 的接線方式，如圖六所示。由先把測待物 (DUT) 與互通性測試的對象 (Bridge Partner) 用三條網路線把三個 Port 相互連接起來，然後把兩台裝置的 Spanning Tree Protocol 功能啟動，再把 Agilent Router Tester 900 的第一個 Port (Test Station 1) 連線到待測物上，第二個 Port (Test Station 2) 則連線到 Bridge Partner。



圖六 Test Case D.1.1 的測試平台接線

## 三、設定待測物及相關裝置的動作及參數(此處待測物以 SMC ES-3626G Switch 為例)

1. 設定 Bridge Priority 為 4096。

*Console(config)#spanning-tree priority 4096*

2. 設定 Bridge Hello Time 為 2 秒。

*Console(config)#spanning-tree hello-time 2*

3. 設定 Bridge Max Age 為 20 秒。

*Console(config)#spanning-tree max-age 20*

4. 設定 Bridge Forward Delay 為 15 秒。

*Console(config)#spanning-tree forward-time 15*

#### 四、操作 Agilent Router Tester 900 來攫取及傳送資料

Agilent Router Tester 900 有封包攫取(Capture)及產生(Generation)的能力，在此我們假設某個 Test Case 只使用兩個 Port，在測試程序要求攫取資料時，只要把這兩個 Port 的攫取功能打開即可。如果是測試程序要求產生 Unicast、Multicast 或 Broadcast 的資料時，只要分別設定這兩個 Port 所產生的 Frame 的 Source MAC Address 及 Destination MAC Address 還有 Traffic Pattern 即可，以下是假設要從第一個 Port 送傳到第二個 Port 時的設定，如果要反方向從第二個 Port 傳送到第一個 Port 時，只要適當改變 Source MAC Address 及 Destination MAC Address 即可。

1. Unicast:

Source MAC Address: 01:01:01:01:01:01

Destination MAC Address: 02:02:02:02:02:02

2. Multicast:

Source MAC Address: 01:01:01:01:01:01

Destination MAC Address: 01:00:5E:01:01:01 (因 Multicast prefix 為 01:00:5E)

3. Broadcast:

Source MAC Address: 01:01:01:01:01:01

Destination MAC Address: FF:FF:FF:FF:FF:FF

#### 五、執行 Test Suite 中的測試程序

Test Suite 中的 Procedure 則說明了測試的步驟，以下將詳細說明每一步驟。

Procedure:

Part a: Disconnect the Blocking Port

Part a 為測試將 Blocking Port 上的網路線拔掉後待測物傳送 frame 的狀況。

1. Ensure the DUT is not the Root Bridge.

將 DUT 設為不是 Root Bridge，此時我們可以將 DUT 的 Bridge Priority 設為 4096

(0x1000, 16 進位)，而 Bridge Partner 的 Priority 設為 8192 (0x2000, 16 進位)。

2. Allow time for configuration of the Spanning Tree.

等待一段時間例如 30 秒，讓 Spanning Tree 的組態能夠完成。

3. Set the Testing Stations to capture arbitrary MAC frames.

打開 Agilent Router Tester 900 的 Port 1 及 Port 2 的封包攫取功能。

4. Pass unicast, multicast, and broadcast frames between the Testing Stations.

讓 Agilent Router Tester 900 的 Port 1 及 Port 2 之間彼此傳遞 unicast、multicast 及 broadcast frame。

5. While passing frames, disconnect a Blocking Port on the DUT.

在傳輸 frame 的時候，將 DUT 上其中一個狀態為 Blocking 的 Port (此處假設為 Port 3) 其網路線拔掉。

6. Repeat Steps 3-5, disconnecting the remaining Blocking Port on the DUT.

重覆步驟 3 至 5，將 DUT 上其餘剩下的 Blocking Port (此處假設為 Port 2) 其網路線拔掉。

7. Return the test setup to its original configuration.

恢復原來接測平台接線的組態。

#### Part b: Disconnect the Forwarding Port

Part b 為測試將 Forwarding Port 上的網路線拔掉後待測物傳送 frame 的狀況。

8. Ensure the DUT is not the Root Bridge.

將 DUT 設為不是 Root Bridge，此時我們可以將 DUT 的 Bridge Priority 設為 4096 (0x1000, 16 進位)，而 Bridge Partner 的 Priority 設為 8192 (0x2000, 16 進位)。

9. Allow time for configuration of the Spanning Tree.

等待一段時間例如 30 秒，讓 Spanning Tree 的組態能夠完成。

10. Set the Testing Stations to capture arbitrary MAC frames.

打開 Agilent Router Tester 900 的 Port 1 及 Port 2 的封包攫取功能。

11. Pass unicast, multicast, and broadcast frames between the Testing Stations.

讓 Agilent Router Tester 900 的 Port 1 及 Port 2 之間彼此傳遞 unicast、multicast

及 broadcast frame。

12. While passing frames, disconnect the Forwarding Port on the DUT.

在傳輸 frame 的時候，將 DUT 上狀態為 Forwarding 的 Port (此處假設為 Port 1) 其網路線拔掉。

13. Record frames received by the Testing Stations for a period greater than twice the Bridge Forward Delay value of the Bridge Partner.

等待 Agilent Router Tester 900 的 Port 1 及 Port 2 攫取 frame，等待必須超過 Bridge Partner 的 Bridge Forward Delay 的兩倍時間，若 Bridge Partner 的 Bridge Forward Delay 為 15 秒，則等待的時間至少要超過 30 秒。等待完畢後，停止 Agilent Router Tester 900 攫取 frame，準備檢視測試結果。

## 六、測試結果記錄及解釋

Test Suite 最後會要請測試者進行測試結果的觀察，測試者必須要看此 Test Case 是否有通過測試，不論是否有通過均需記錄測試結果於本實驗所提供的「Spanning Tree Protocol Interoperability 測試記錄表格」檔案中，若有發生沒有通過的情況，則必須要記錄待測物的組態檔還有解釋可能的錯誤原因。

Observable results:

Observable results 說明所要觀察的測試結果。

In Part a, there should be no interruption in network traffic (none of the frames should be lost). None of the frames should be duplicated or misordered.

在 Part a 的測試中，網路資料的傳送應該要沒有中斷的情況發生，也就是沒有任何 frame 被遺失，也沒有重複的 frame 及順序亂掉的情況。

In Part b, once the Spanning Tree reconfigures, frames should be exchanged between Testing Stations (no additional frames should be observed). None of the frames should be duplicated or misordered.

在 Part b 的測試中，當 Forwarding Port 的網路線被拔掉後，Spanning Tree 就會被重新組態，而 frame 也應該要正常地在 Agilent Router Tester 900 的兩個 Port 之間交換 (不需要觀察操作外的 frame)，也沒有重複的 frame 及順序亂掉的情況發生。

【記錄 6】記錄 UNH-IOL STP Interoperability Test Suite 的測試結果於本實驗所提供的「Spanning Tree Protocol Interoperability 測試記錄表格」表格中。

## VI. 實驗記錄

【記錄 1】記錄待測物的組態設定，此處可以用 show running-config 指令來顯示待測物的設定。

【記錄 2】記錄 IxANVL 的組態設定值(Configuration)於表五中。

表五 IxANVL 的組態設定值

欄位	設定值
DUT Hostname	
802.1d Bridge Address	
802.1d Bridge ID	
802.1d Bridge Priority	
802.1d Bridged Data Protocol	
802.1d Virtual Net BPDU Interval	
802.1d Virtual Net Test Duration	
STP Bridge Forward Delay	
STP Bridge Hello Time	
STP Bridge Max Age	
802.1d Packet Rate	
Network Interface 1	
Selection	
Ethernet Interface	
DUT MAC Address	
802.1d Port Number	
802.1d Port Priority	
802.1d Bridged Data Encapsulation	
Network Interface 2	
Selection	
Ethernet Interface	
DUT MAC Address	
802.1d Port Number	
802.1d Port Priority	
802.1d Bridged Data Encapsulation	
Network Interface 3	
Selection	
Ethernet Interface	
DUT MAC Address	
802.1d Port Number	
802.1d Port Priority	
802.1d Bridged Data Encapsulation	

【記錄 3】記錄 IxANVL 的參數設定值(Parameters)於表六中。

表六 IxANVL 的參數設定值

欄位	設定值
----	-----

Reboot Time	
802.1d Filter Table Aging Time	
802.1d Filter Table Size	
802.1d Stress Number Addresses	

【記錄 4】將每個 Test Case 測試的過程存成不同的記錄檔(Log)，記錄的詳細程度請選擇 hexdump。

【記錄 5】記錄 IxANVL 的測試結果於本實驗所提供的「Spanning Tree Protocol Conformance 測試記錄表格」表格中。

【記錄 6】記錄 UNH-IOL STP Interoperability Test Suite 的測試結果於本實驗所提供的「Spanning Tree Protocol Interoperability 測試記錄表格」表格中。

## VII. 問題與討論

注意：請針對問題中的每一項回答，並避免引述「太」多資料。

一、一台 Bridge 或 Switch 是根據什麼設定來決定 Spanning Tree 的 Root？

二、假如一台 Bridge 或 Switch 由從的三個不同的網路介面上收到三個來自不同 Bridge 或是 Switch 所發出來的 BPDU (Bridge Protocol Data Unit)，假設三個 BPDU 都認定 Bridge 1 是 Root，此時這台 Bridge 或 Switch 如何選擇哪一個網路介面來做為 Root Port？

三、請問 Root Bridge/Switch Ports 是否能夠被變成 Blocking State？

四、請問 IxANVL 在測試每個 Test Case 開始之前及結束之後會有什麼動作？

五、請選擇一個符合性或互通性測試失敗的 Test Case，解釋其沒有通過測試的原因。

六、自問自答，即自己發掘問題，自己找出答案（給分將根據題目設計的「嚴謹程度」、「難易度」與「作答的品質」）。

## VIII. 參考文獻

- [1] R. Seifert, “The Switch Book: The Complete Guide to LAN Switching Technology”, John Wiley & Sons, 2000.
- [2] IEEE 802.1D-1998: Media Access Control (MAC) Bridges.
- [3] SMC ES-3626G 24-Port Layer 3 Switch Management Guide, 2002.
- [4] Ixia ANVL User Guide for Spanning-Tree Protocol Validation, 2002.
- [5] Bridge Functions Consortium, “Spanning Tree Mult-System Interoperability Test Suite Version 1.2,” Interoperability Laboratory, University of New Hampshire, 2001.