

# 臺灣二〇〇三年國際科學展覽會

科 別：電腦科學科

作品名稱：MTU 值與網路效率的關係

學 校：國立臺中第一高級中學

作 者：林伯駿

## 作者簡介



我的名字是林伯駿，目前就讀國立台中一中。平時娛樂與興趣大部分都與電腦有關，不論軟硬體皆有一定熟悉度，軟體部分涉獵最多是以網路原理為主，硬體部分則不一定。偶而寫些程式，或研究作業系統原理；若是時間較多時，也會稍微修改硬體。較熟悉網路作業系統，包含 Windows 2000 以及 Unix like 系列。未來以資訊工程科系為主要發展目標，軟硬體開發為以後主要所從事之研究。

## 中文摘要：

本研究旨在探討，在 TCP/IP 協定之下，最大網路傳輸效率之 MTU (Maximum Transmission Unit, 最大傳輸單位) 值。根據 IEEE 所公佈 Ethernet 之標準，經實地模擬實驗，本研究之結論如下：(1) 在單純兩台電腦直接串接時，由於幾乎無任何干擾與封包的碰撞，可設定之 MTU 最大值以 1500bytes 為最佳；(2) 但在模擬真實的大型廣域網路時，由於碰撞增加及雜訊增多，經模擬實驗顯示，MTU 值為 1500bytes 時無法在資料傳送、接收及重組時取得平衡，最佳之 MTU 值落於 500 到 600bytes 之間，進一步研究顯示 MTU 值設在 500 到 600bytes 時可提升傳輸效率約 50%。同時，本研究亦討論將此機制應用於未來新網路標準之可行性及其必要性。

## **English Abstract :**

The main purpose of this research is to explore the best network transmission efficiency's Maximum Transmission Unit under TCP/IP protocol. According to the Ethernet's standard of IEEE and simulated experiments, the outcome of this research are :( 1) When connecting two computers serially, there is almost no interference and impact of packets, the best MTU that we can set up is 1500bytes ;( 2)When simulating the truly wide area network, interference and impact are rising. The result of this simulates experiment shows that when MTU is at 1500bytes, it's unable to keep balance when sending, receiving and re-composing. The best new MTU is between 500bytes and 600bytes. And when MTU is between 500bytes and 600bytes, the network transmission efficiency can be promoted about 50% higher. At the same time, the research is also discussing the feasibility and necessity of applying it to the standard of the future network.

## 一、前言：

### (一) 研究動機：

現行的各種主流網路介面，已有相當程度的傳輸速率，但以現在的趨勢看來，頻寬的需求只會越來越大，相對的如果要使得現在的網路傳輸介面必須有所突破，勢必更新現有介面。若修改硬體架構將耗損大量的資金與時間，所以，針對現有的介面以非硬體方式修改以加速其傳輸，不失為一個有效對策。非硬體方式目前已知的有：平行傳輸以及修改 TCP/IP (Transmission Control Protocol & Internet Protocol) 設定值。其中修改 TCP/IP 最大傳輸單位 (Maximum Transmission Unit, MTU) 的設定值為其中重要的一點，但尚缺乏有效證據以證明其效率提升率，以下針對這點探討並證明。

### (二) 原理說明：

網路基本傳輸單位：封包 (packet) 的大小是不固定的，各種不同的傳送介面與方式的封包最大傳輸量 (Maximum Transmission Unit, MTU) 也有所不同。例如：乙太網路介面 (Ethernet) 是 1512bytes，非同步傳輸模式 (Asynchronous Transfer Mode, ATM) 為 53bytes。由於封包傳送至接收端時必須重組。一般的 OS 內建 MTU 值是 1500bytes，但是這個值並不一定是最佳的設定，在忙碌的廣域網路 (Wide Area Network, WAN) 中，由於穩定性與速度不佳等因素，常

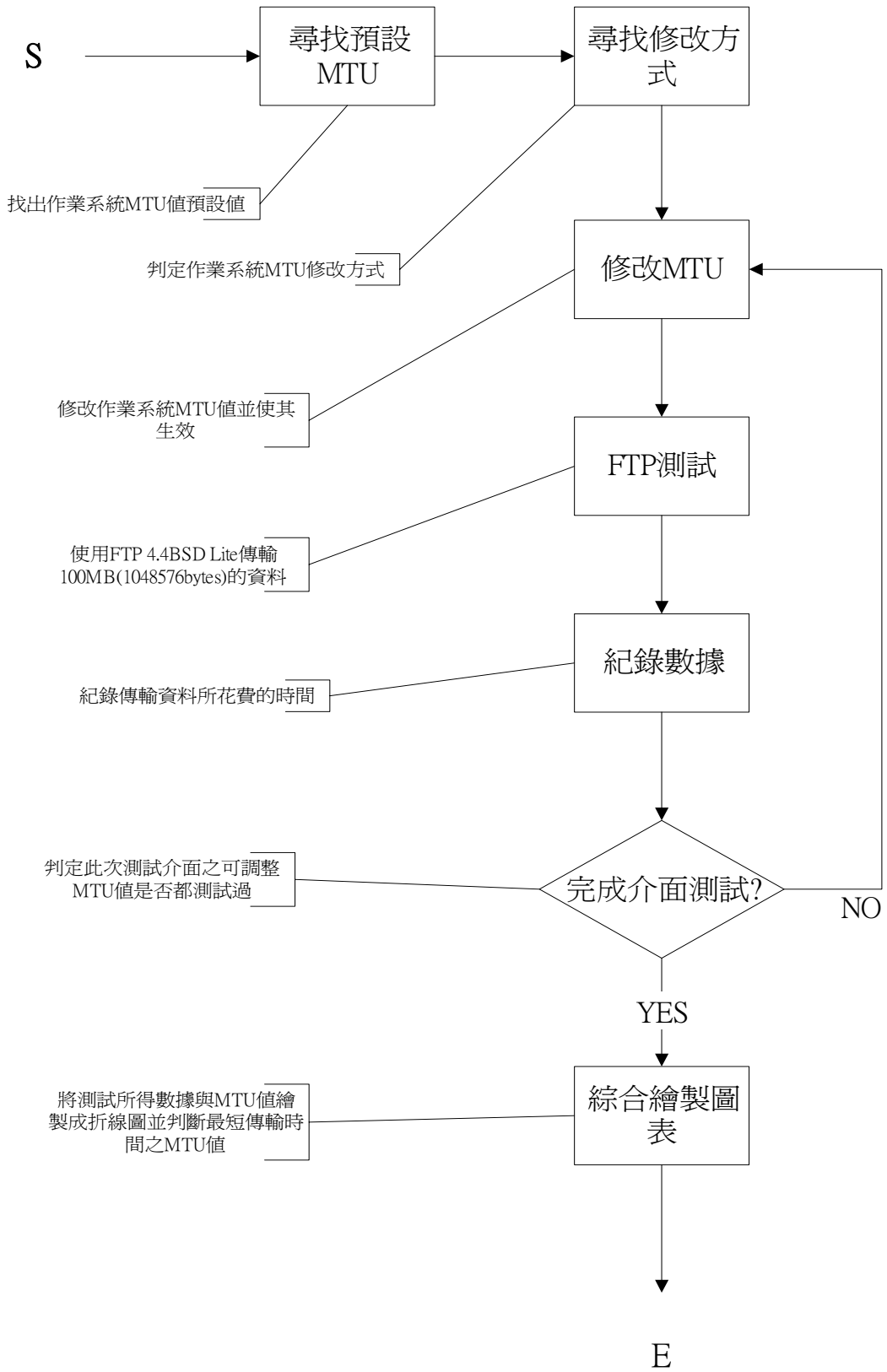
造成在傳送到一半時失去封包，致無法重組，必須重新傳送。所以找出較適用於各種網路介面 MTU 值，方能在速度與穩定性上得到平衡的傳輸。依照 TCP/IP 之四層結構，MTU 是第一層鏈接層 (Link layer) 的一個重要因素：封包切割 (fragment)。假若 MTU 值為 516bytes，扣掉標頭 16bytes，資料內容可容納 500bytes，故若傳送 2000bytes 則網路卡驅動程式將依據 MTU 之設定值 (516bytes)，將所有資料切割成四個封包傳送；相對的，假設 MTU 重新設定成 200bytes，變成切割成 10 個封包傳送，到了接收端時再被重新組合成 2000bytes 的資料。然而在傳送與接收的過程中，除了傳送端與接收端的延遲之外(分割與重組)，還有線路本身性質等皆會影響傳輸品質與速度。現在我們所探討的 MTU 便是要尋找一個最恰當的平衡點以提高網路之傳輸效率。

### (三) 研究目的：

- 1.證明網路傳輸與 MTU 值之關係
- 2.調整 MTU 值，以嘗試提升傳輸效率之可行性
- 3.計算調整後 MTU 值後速度變化之比率
- 4.探討未來新架構之應用可能性



(三) 實驗步驟：

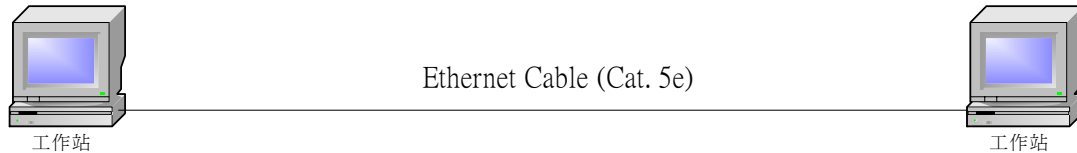


圖一、實驗之步驟

#### (四) Ethernet 10Mbps & 100Mbps (Full Duplex 無干擾)之 MTU 值

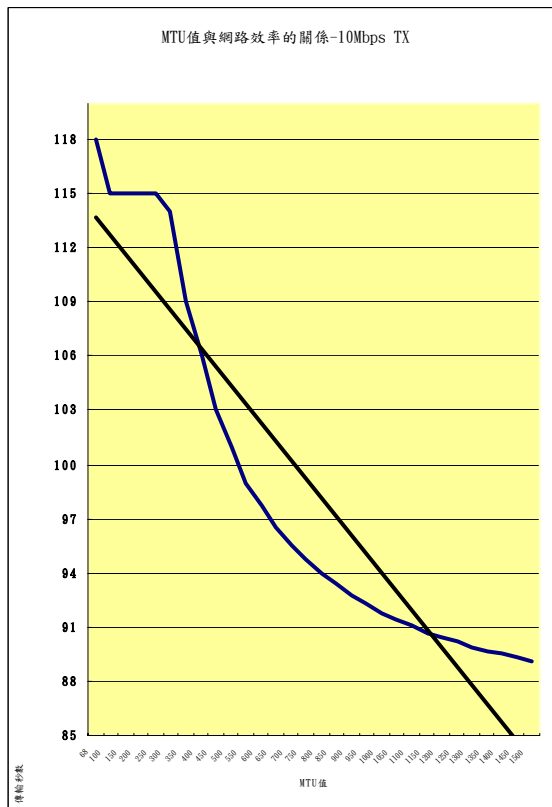
與網路效率之關係：

以下實驗所用之網路架構如下：



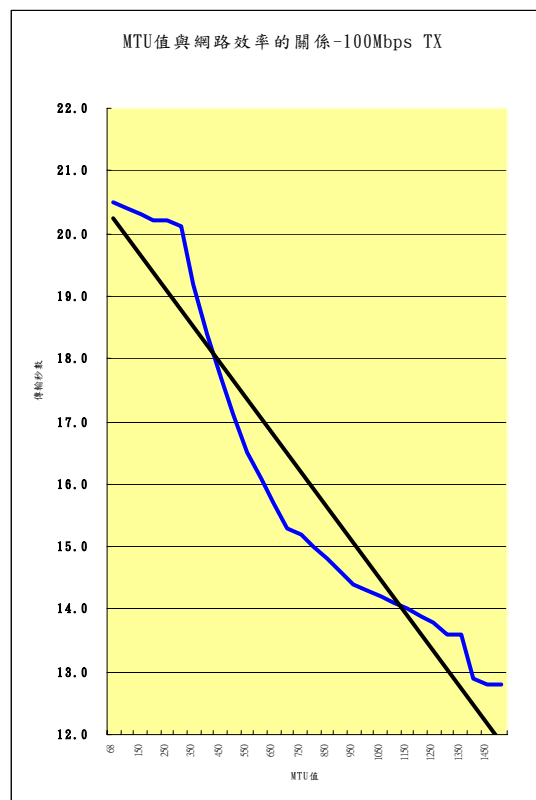
圖二、Ethernet 網路測試架構

由實驗得知在 IEEE 802.3 規範下，二台工作站直接串接時(如圖二)，銅線傳導 Ethernet 10Mbps 及 100Mbps Full Duplex 的可設定 MTU 極限值為 **1500**bytes，此亦為穩定情況下最佳之 MTU 值，如圖三及圖四所示。



註：藍線為 MTU 值與傳輸時間折線圖，黑線為趨勢線。以上實驗數據請參考附件一之表一及表二。

圖三、Ethernet 10 Mbps 之 MTU 值  
與網路效率關係圖

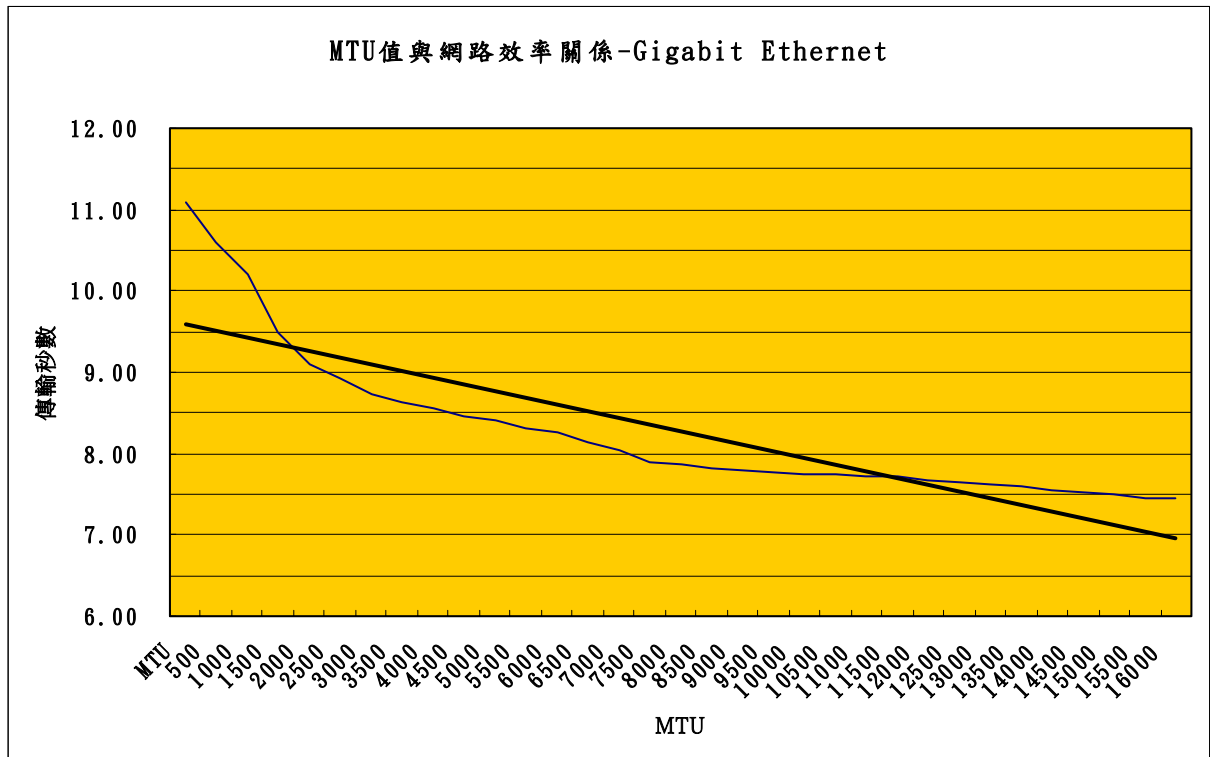


圖四、Ethernet 100 Mbps 之 MTU 值  
與網路效率關係圖

## (五) Gigabit Ethernet (1000Mbps Full Duplex) 之 MTU 值與網路

效率之關係：

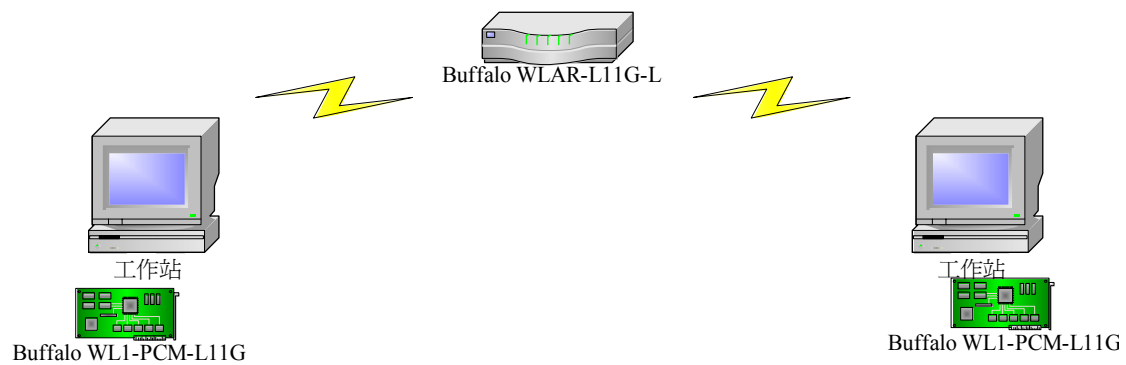
由實驗得知 Gigabit Ethernet 在 IEEE 802.3z 規範下，可設定之最佳傳輸 MTU 值為 16114bytes，如圖五所示。



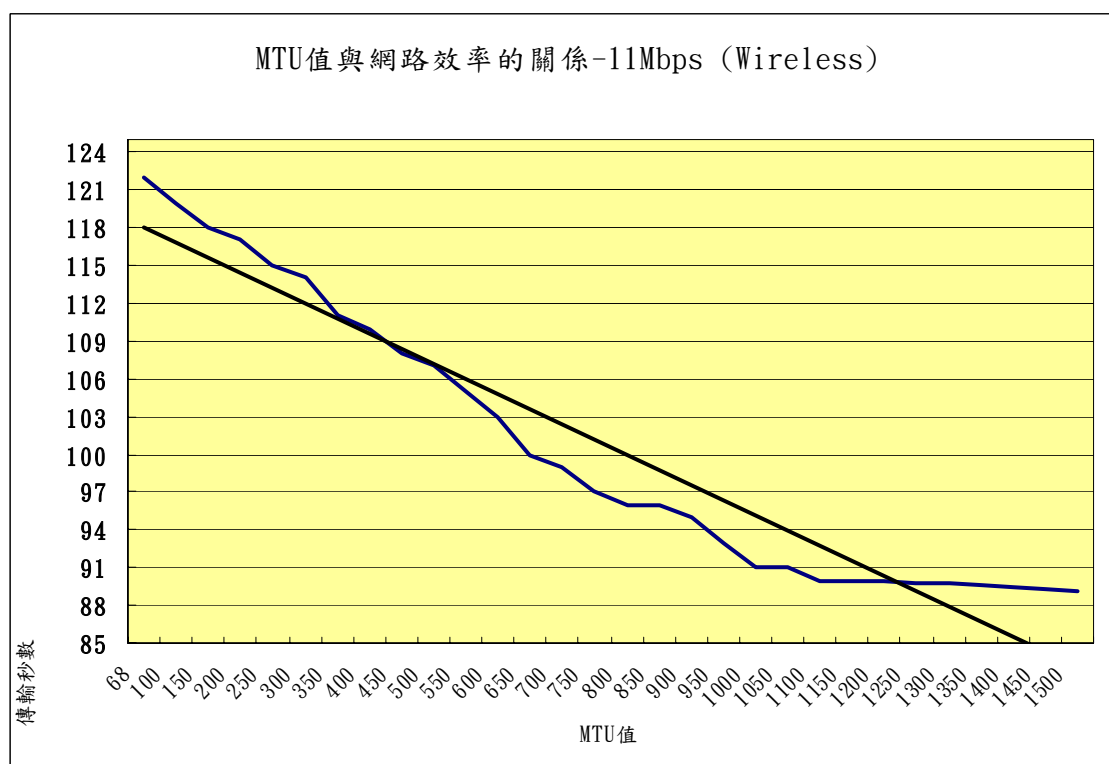
註：藍線為 MTU 值與傳輸時間折線圖，黑線為趨勢線。以上實驗數據請參考附件一之表三。

圖五、Gigabit Ethernet 值與網路效率之關係圖

(六) Wireless (11Mbps) 之 MTU 值與網路效率之關係：



圖六、Wireless 網路測試環境架構圖



註：藍線為 MTU 值與傳輸時間折線圖，黑線為趨勢線。以上實驗數據請參考附件一之表四。

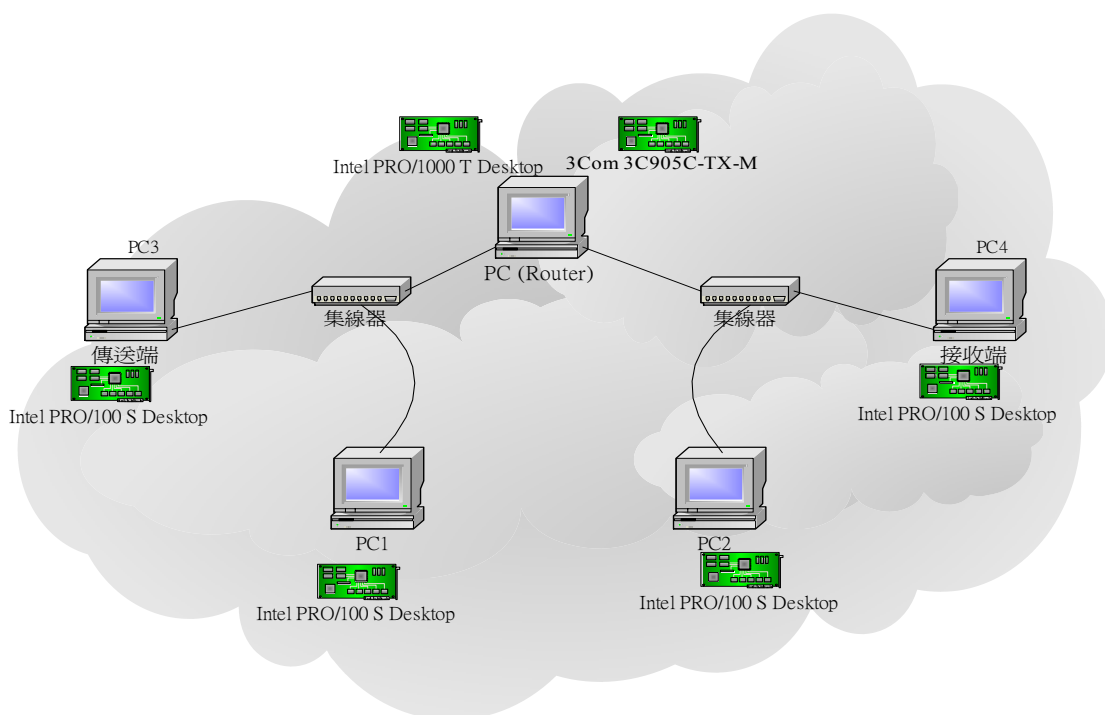
圖七、Wireless 之 MTU 值與網路效率關係圖

在 IEEE 802.11 規範下，當工作站無線 AP 之距離為 1.5 公尺時，由實驗得知，可設定之最佳傳輸 MTU 值為 1500bytes，如圖七所示。

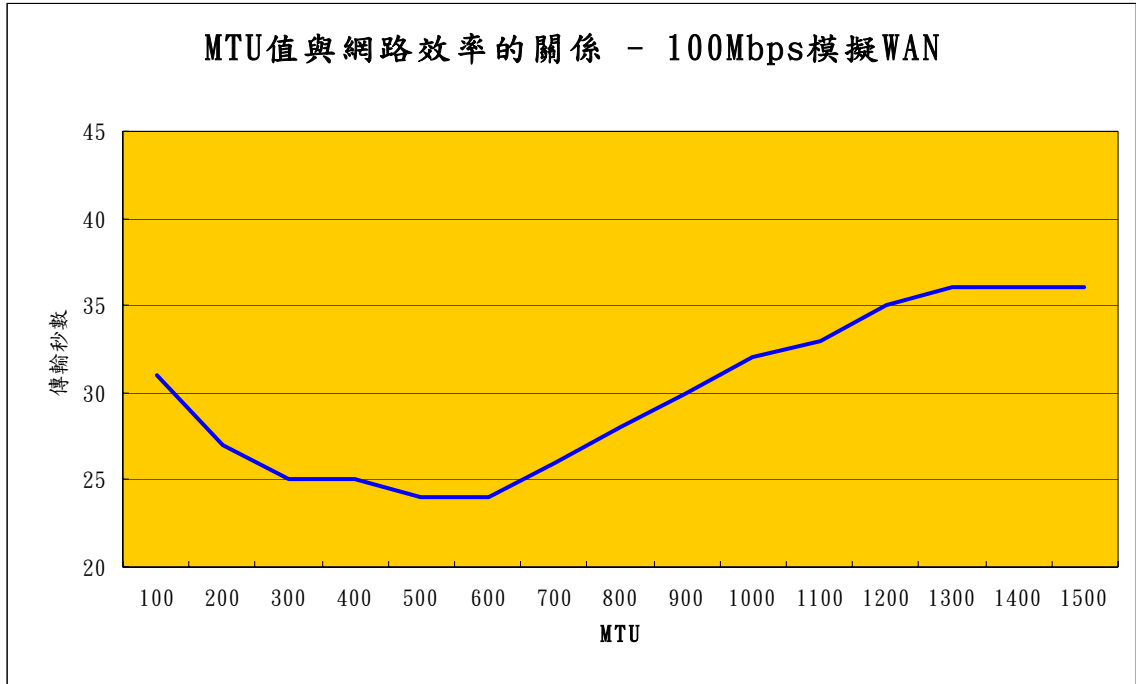
## (七) 廣域網路 WAN 模擬測試 (Ethernet 100Mbps & 10Mbps) 之 MTU

### 值與網路效率之關係：

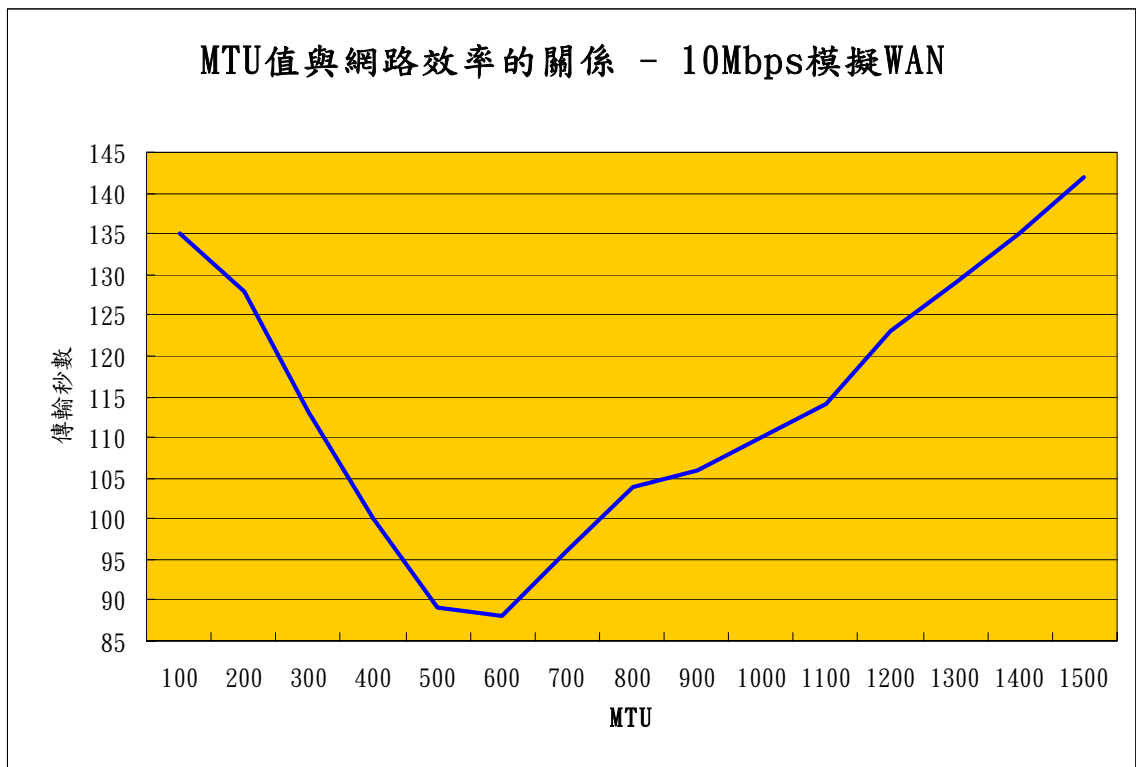
如圖八所示，中央的 PC (Router) 安裝兩張網路卡用以模擬成 Router 以轉送封包，而 PC1 不斷向 PC2 傳送資料，以模擬一般廣域網路高負載的情形以測試傳送端 (PC3) 與接收端 (PC4) 以 FTP 的方式傳輸資料的傳輸效率，由此實驗得知最佳之 MTU 值落在 500 到 600bytes 之間，如圖九及圖十所示。



圖八、模擬 WAN 之測試架構圖



圖九、Ethernet 100Mbps 模擬測試之 MTU 值與網路效率之關係圖



圖十、Ethernet 10Mbps 模擬測試之 MTU 值與網路效率之關係圖

註：藍線為 MTU 值與傳輸時間折線圖，以上實驗數據請參考附件一之表五及表六。

### 三、研究結果與討論：

綜合以上實驗顯示，MTU 值確實影響網路的傳輸效率。在穩定情況下（如圖二），所有網路介面皆能以 IEEE 所訂定之 MTU 標準以規範中的最大速度傳送資料，因為訊號本身幾乎沒有任何外在干擾，封包的碰撞可以降至最低，所以線路負載率可以至 60%~70%。

但在高負載率 WAN 下（如圖八），由於訊號之間產生許多碰撞，致使封包延遲與產生的錯誤大為增加，並增加 Router 負擔，致傳送端與接收端之間的傳輸效率降低。同時，由模擬的結果，可看出兩點間的速度隨著 MTU 的增減呈 U 形分配，在 MTU 值為 1500bytes 時已經不是最佳網路效率的 MTU 值，最佳的 MTU 值卻落在 500~600bytes 之間。故若能適當調整封包大小，則在一定資料量下，傳送端與接收端之整體傳輸時間可以縮短 50%~60%。從上述分析，有充分理由可以相信 MTU 值必須根據網路流量與以適當調整，以增進網路之傳輸效率。

#### 四、結論與應用：

根據以上分析，證明 MTU 值若是經過適當的校調，網路的傳輸效率將大幅提升並可降低成本。亦發現原本的 TCP/IP 的 MTU 值之探索機制 (MTU Discover) 並不完善，只是單純偵測線路與網路介面的種類，及依據網路卡驅動程式可調整之 MTU 最大值來運作，並未依據網路之傳輸量調整其 MTU 值。故在建構未來新的網路標準以及介面時，可視網路之流量將 MTU 以動態方式調整其大小，以下針對未來的標準 IPv6, Wireless & Bluetooth 作討論以下：

##### (一) IPv6：

根據目前 IPv6 已公佈的標準(RFC 2460)，封包本身已有 Path MTU Discover 機制，不必再透過 TCP/IP 來切割，這項修改可以使層次間的轉換次數降低，直接以較底層的封包直接作切割動作；以 IPv6 為標準的新版 router，無法再重新以本身的 MTU 設定作分割，比 IPv4 少做了 fragment 的動作，最小預設值也由原本的 68bytes 改為 1280bytes，若是不符合標準時，將直接把封包丟棄，並以 ICMP 通知重新傳送。若是 MTU Discover 動作不夠精確，整體的網路效率將大幅降低，所以在新的標準中，修改 MTU 的動作變成極為重要。由於 IPv6 尚處於實驗階段，若能參考本研究實驗結果，或許可以應用在 IPv6 的發展上，以使新的網路架構之頻寬能有效充分利用。主動動

態偵測適用於現存網路之流量的最佳 MTU 值較為困難，但在技術層面上，具有其實用與可行性。

## (二) Wireless & Bluetooth：

網路資料傳輸之媒介，已經慢慢從低速走向高速，有線發展至無線。雖然無線網路標準已經訂定，但速度尚有改善空間。由以上之的實驗結果可知，調整 MTU 值能有效提升 Wireless 的效率，若下一代的藍芽通訊技術 (Bluetooth)，也能將以上所述方法加入硬體設計標準，並提供雜訊偵測，計算其影響訊號程度，以相對應的 MTU 值套用，將可提升無線傳輸的品質。

## 五、參考文獻：

1. Multimedia 通信研究會 (2000) . LAN 理論與實作, 初版, 台灣, 博碩出版社。
2. C. E. Douglas (2001) .Computer Networks and Internet, 第二版, 全華科技圖書公司。
3. J. Mogul, C. Kent, C. Partridge & K. McCloghrie (1988) . IP MTU Discovery Options (RFC 1063) , 初版, Network Working Group。
4. J. McCann, S. Deering & J. Mogul (1996) Path MTU Discovery for IP version 6 (RFC 1981) , 初版, Network Working Group。
5. K. Lahey (2000) .TCP Problems with Path MTU Discovery (RFC 2923) , 初版, Network Working Group。
6. R. W. Stevens (1997) . TCP/IP Illustrated Volume. 1, 二版, 和碩出版社。
7. R. W. Stevens (2000) .TCP/IP Illustrated Volume. 2, 初版, 和碩出版社。
8. S. Deering & R. Hinden (1998) . Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification (RFC 2460) , 初版, Network Working Group。

(一) 附件一：

MTU	傳輸秒數
68	118
100	115
150	115
200	115
250	115
300	114
350	109
400	106
450	103
500	101
550	99
600	97.7
650	96.5
700	95.5
750	94.7
800	94
850	93.4
900	92.8
950	92.3
1000	91.8
1050	91.4
1100	91.1
1150	90.7
1200	90.4
1250	90.2
1300	89.9
1350	89.7
1400	89.5
1450	89.3
1500	89.1

表一、MTU 值與網路效率之關係

Ethernet 10Mbps Full Duplex 無干擾

MTU	傳輸秒數
68	20.5
100	20.4
150	20.3
200	20.2
250	20.2
300	20.1
350	19.2
400	18.4
450	17.7
500	17.1
550	16.5
600	16.1
650	15.7
700	15.3
750	15.2
800	15.0
850	14.8
900	14.6
950	14.4
1000	14.3
1050	14.2
1100	14.1
1150	14.0
1200	13.9
1250	13.8
1300	13.6
1350	13.6
1400	12.9
1450	12.8
1500	12.8

表二、MTU 值與網路效率之關係

Ethernet 100Mbps Full Duplex 無干擾

MTU	傳輸秒數
500	11.10
1000	10.60
1500	10.20
2000	9.50
2500	9.10
3000	8.93
3500	8.74
4000	8.63
4500	8.55
5000	8.45
5500	8.42
6000	8.30
6500	8.27
7000	8.15
7500	8.05
8000	7.90
8500	7.87
9000	7.83
9500	7.79
10000	7.78
10500	7.75
11000	7.74
11500	7.71
12000	7.71
12500	7.68
13000	7.65
13500	7.62
14000	7.60
14500	7.55
15000	7.52
15500	7.50
16000	7.45
16114	7.44

表三、MTU 值與網路效率之關係  
Gigabyte Ethernet

MTU	傳輸秒數
68	122
100	120
150	118
200	117
250	115
300	114
350	111
400	110
450	108
500	107
550	105
600	103
650	100
700	99
750	97
800	96
850	96
900	95
950	93
1000	91
1050	91
1100	90
1150	90
1200	89.9
1250	89.8
1300	89.7
1350	89.6
1400	89.5
1450	89.3
1500	89.2

表四、MTU 值與網路效率之關係  
Wireless

MTU	傳輸秒數
100	135
200	128
300	113
400	100
500	89
600	88
700	96
800	104
900	106
1000	110
1100	114
1200	123
1300	129
1400	135
1500	142

表五、MTU 值與網路效率之關係  
-10Mbps 模擬 WAN

MTU	傳輸秒數
100	31
200	27
300	25
400	25
500	24
600	24
700	26
800	28
900	30
1000	32
1100	33
1200	35
1300	36
1400	36
1500	36

表六、MTU 值與網路效率之關係  
-100Mbps 模擬 WAN