

## IEEE 802.11 多重傳輸速率無線區域網路

### Multi-Rate Transmission in Infrastructure Wireless LAN Based on IEEE 802.11 Standard

黃宇青 游曜駿 陳孟宏 許獻聰 李揚漢

淡江大學電機工程學系

台北縣淡水鎮英專路 151 號

TEL:+886-2-6215656 ext2730

Fax:+886-2-6221565

E-mail : [stsheu@ee.tku.edu.tw](mailto:stsheu@ee.tku.edu.tw)

#### 摘要

在本文中，我們提出多重傳輸速率模式的無線區域網路。首先，我們介紹多重傳輸速率模式的無線區域網路的系統架構。其次，說明我們所制訂的通訊協定。接著我們模擬傳統無線區域網路和多重傳輸速率模式的無線區域網路，得到許多數據結果，根據數據的分析我們能夠證明多重傳輸速率的模式有較好的傳輸效能。最後，我們再提出可在多重傳輸速率下所應用的數種模式，使我們可以根据區域網路的狀況，選擇適合的模式來得到較好的效能。

關鍵詞：多重傳輸速率、無線區域網路、系統架構、通訊協定、數種模式。

#### 1、序論

在無線傳輸中，利用較高傳輸速率的調變方式時，所需的訊號 SNR (Signal to Noise Ratio) 值較使用低傳輸速率的高，而訊號的 SNR 會隨著距離的增加而急速衰減，因此使用高傳輸速率的調變方式來傳送資料時，雖然傳輸速率較快，但所能傳送的距離較短；相對的，低速率所能傳送的距離較遠，但是能傳送的資料量比較少。在傳統的無線區域網路，所有的資料都是同時以 1Mbps 或 2Mbps 的速率傳送，因此在本篇論文中，我們針對無線網路提出同時使用多重傳輸速率(1Mbps、2Mbps、5Mbps、11Mbps)的想法，讓所有工作站在不同的範圍中用所屬的速率傳收資料，以提升傳輸的效能。

#### 2、系統架構介紹

系統是架構在 IEEE 802.11 「有基礎架構無線區域網路」下，每一個工作站都有自己所屬的速率區域範圍，擷取點(Access Point)位於中央部分如圖一，負責轉送工作站間傳送的資料，工作站則分散在各個區域之內，越靠近擷取點(Access Point)的工作站可使用較高的傳輸速率，反之則越低。工作站具移動性，所以工作站很有可能在現在這個速率區域移動到另一個速率區域，因為高速傳輸的距離較短，所以工作站一移動就可能造成資料無法順利傳送至擷取點(Access Point)，而造成傳送錯誤。因此需設計一通訊協定使在這網路中使用不同傳輸速率的工作站皆能正常運作。在此論文中我們假設擷取點(Access Point)不具移動性，均固定在我們架構中的中央位置，且我們僅針對單一擷取點(Access Point)的網路作討論，即不討論換手(handoff)的問題。

我們將通道如圖二所示分成數個區域，而各個區域的開

始時間及傳輸時間皆由擷取點來控制，整個區間是由擷取點以最低的速率發出控制訊框(Beacon)開始的，以確保所有的工作站都能聽到，控制訊框的內容包括了每個次區間的起始時間，因此工作站在此時便知道每個次區間的起始時間，當次區間的起始時間到了時，工作站便會聽取擷取點所發出的次控制訊框(Sub-beacon)，以確定自己所在的範圍及傳輸速率，次控制訊框是由擷取點以高速到低速分別用不同的速度來傳送的，因此工作站若收到擷取點所發出的次控制訊框便可確定自己可以使用此傳輸速率來傳送資料，也相對著確定了自己的位置。工作站在確認目前可以使用的傳輸速率後，便可以在自己的區間內開始競爭傳送資料。

#### 3、多重傳輸速率的通訊協定

我們提出的多重速率傳輸模式的無線區域網路架構，可以提升傳輸的效能，因此制訂了通訊協定，並且將之分為競爭方式、擷取點(Access Point)、工作站三部分來詳細說明此通訊協定。

##### 3-1、競爭方式

在我們提出的架構是基於原本的 IEEE 802.11 無線區域網路中，因此競爭的方式是採用 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)通訊協定，所有的擷取點及工作站均是以最低速率(1Mbps)發出「要求傳送訊框」(Request To Send, RTS)和「允許傳送訊框」(Clear To Send, CTS)來競爭，如此在這網路中所有的擷取點及工作站都能聽到。

我們在此先提出只有在屬於該工作站的速率區間時工作站才可以參與競爭，其餘時間則保持準備(Standby)的狀態下，等候直到聽取到屬於該工作站的速率區間的次控制訊框時再參與競爭。然而，擷取點則可以隨時的參與競爭，無論當時是否為其速率所屬的區間，此可疏解線頭(head of line)問題所造成擷取點緩衝器(Buffer)滿溢的情形，所謂的線頭的問題，是在使用多重傳輸速率時所會面臨的問題，因為在擷取點(Access Point)緩衝器(Buffer)中存在有不同的速率的資料，然而其速率區間排列方式並不一定依照超級訊框(Super Frame)如圖二的順序排列，因此可能會錯過可以傳輸資料的時間，必須等待下一次的次控制訊框才可以傳輸資料，如此便會造成線頭的問題，因此為了解決此問題，我們讓擷取點可以隨時參與競爭。而競爭成功的工作站，在還沒超過速率區間計時器(Timer)的條件下，有連續傳送多筆資料的機會，可增加資料傳輸量。除了前述方法外，為了配

合不同的區域網路狀況(即人數及流量),我們在競爭時又再提出幾種模式,而此幾種模式,我們將細述在後。

### 3-2、擷取點(Access Point)協定

擷取點(Access Point)協定的流程圖如圖三(a)。當擷取點(Access Point)啟動後,首先會以最低速率(1Mbps)發出的控制訊框(Beacon)以確保每個工作站都能聽到,控制訊框(Beacon)中記錄了每個速率區間的範圍大小,其次,再發出次控制訊框(Sub-beacon)給工作站,次控制訊框(Sub-beacon)用來通知工作站屬於何種速率,輪到本身區間的工作站可以開始參與競爭,此時判斷現在時間是否大於最後的時間界限(Last boundary),如果到達最後的時間界限,則擷取點(Access Point)再發出控制訊框(Beacon)通知所有的工作站;反之,則判斷是否超過了區間的界限(Boundary),若超出了此區間的界限,則發出下一個次控制訊框(Sub-beacon),若沒有超過界限,此時若擷取點(Access Point)的緩衝器(Buffer)中有資料,則去競爭傳送資料,競爭到後,擷取點(Access Point)會對工作站以最低速率(1Mbps)發出「要求傳送訊框」(Request To Send, RTS),若工作站有同樣以最低速率(1Mbps)回應「允許傳送訊框」(Clear To Sent, CTS),則將資料傳給工作站,若是沒有收到 CTS 且同一速率重傳的次數尚未超過 MAX\_COUNT 時,則再重新競爭重傳,若超過了 MAX\_COUNT,則擷取點(Access Point)將傳送的速率降低,重新再參與競爭,但若是擷取點(Access Point)的傳送速率已經為最低速時(1Mbps)則將封包(Packet)捨棄掉(Drop)。

若擷取點(Access Point)的緩衝器(Buffer)中沒有資料或是擷取點(Access Point)在第一次競爭時失敗了,則擷取點(Access Point)會監聽頻道,看是否有工作站送出 RTS,若有則回應 CTS 給工作站,開始接受工作站傳來的資料,擷取點(Access Point)若正確收到工作站傳來的資料,則回應確認訊號(Acknowledge, ACK)給工作站。

### 3-3、工作站協定

工作站協定的流程圖如圖三(b)。當工作站啟動後,就選擇一個頻道去掃描,先找到可使用的頻道再加入此區域網路,聽由擷取點(Access Point)發出的控制訊框(Beacon),每個工作站會先等候聽控制訊框(Beacon),再等候聽取次控制訊框(Sub-beacon),當工作站聽到此次控制訊框(Sub-beacon)後,工作站便得知自己的速率,該工作站可以準備競爭的動作了。

若工作站有資料要傳,先判斷現在的時間是否超過區間界限(Boundary),若超過則再等候聽取下一個控制訊框(Beacon)重新動作;若沒超過,則開始參與競爭,競爭成功就以最低速率(1Mbps)送出 RTS 給擷取點(Access Point),若沒收到 CTS 且還沒超過界限(Boundary),則再重新競爭重傳 RTS,若是超過界限(Boundary),則再等候聽到下一個控制訊框(Beacon)再重新動作,若收到 CTS,則將資料傳送給擷取點(Access Point),若沒有收到回覆訊號(ACK)則最多仍有共 MAX\_COUNT 次的重新競爭的機會。

若工作站沒有資料要傳,或是已經傳送過資料,且傳輸的時間還未超過計時器(Timer)時,則當突然有資料要傳時仍可以繼續參與競爭傳送資料,讓工作站有持續傳送資料的機會。

## 4、模擬分析

這裡我們首先比較傳統無線區域網路以及我們所提出的多重傳輸速率無線網路模式的傳輸結果、效能。此外,還有比較一些參數值對多重傳輸速率模式無線區域網路的影響。在此我們稱傳統的無線區域網路為「單純傳輸網路」(Simple Transmission Network, STN)而我們提出的第一種方式稱為「固定多重速率」(Fixed Multi-rate, FMR)。「單純傳輸網路(STN)」就是 IEEE 802.11 所架構的「有基礎架構無線區域網路」所有的資料都是以 1Mbps 或 2Mbps 的速率傳送;而「固定多重速率(FMR)」就是工作站有不同的傳輸速率,但是,除了擷取點(Access Point)外,所有工作站只有在自己所屬的速率區間才可以參與競爭,不能使用其他的速率區間,即 11Mbps 工作站只能在 11Mbps 的速率區間才可競爭。而在我們的模擬中,我們假設 MAX\_COUNT 為無限大。

我們用來模擬網路的參數有:第  $i$  種服務型式(Service Type)的封包產生率(Packet Arrival Rate)  $\lambda_i$ 、平均長度(Mean Length)  $L$ 、移動機率(Moving Probability)  $MP$ 、工作站總數  $N$ 、第  $i$  種服務型式(Service Type)的工作站占總數工作站的比列  $R_i$ 、緩衝器大小(Buffer size)。

### 4-1、單純傳輸網路(STN)和固定多重速率(FMR)

使傳統的無線區域網路所有的傳輸速率均為 1Mbps,而多重傳輸速率模式無線區域網路配合不同距離有相對不同的傳輸速率,在此我們假設有兩種不同的服務型式(Service Type),兩種型式的產生率(Arrival Rate)分別為  $\lambda_1$  與  $\lambda_2$ ,而產生的比列為  $R_1$ 、 $R_2$ ,平均長度(Mean length)為  $L$ ,  $MP=0.1$ ,以下是兩種模式模擬的結果。

在我們模擬所得到的結果中,可以看出在傳輸速率(Transmission Rate)、緩衝器延遲(Buffer Delay)、擷取延遲(Mac Delay)、阻擋率(Blocking Rate)中,利用 FMR 的方式可提高了傳輸速率,降低了延遲和阻擋率,如圖四(a)至圖四(d)所示,假設有  $N$  個工作站,網路的負載量(Load)為:

$$\text{Load} = (R_1 \times N \times \lambda_1 + R_2 \times N \times \lambda_2) \times L \times 2$$

因為資料從工作站傳給擷取點,再傳給工作站,經過兩次傳輸,所以最後還要將數值乘 2。在此我們讓  $N=20$ 、 $\lambda_1=0.01$ 、 $\lambda_2=0.02$ 、 $R_1=R_2=1/2$ 、 $L=2$ 、buffer size=1000,最後得到 load 為 1.2 和我們模擬得到的傳輸速率相當接近,數據在 Node 為 20 時比 1.2 稍低是因為在傳輸中因為流量過大造成緩衝器溢位,因此有封包會被阻擋(Block)掉。由圖四(a)我們可以知道傳輸速率 STN 在 Node 數為 16 時接近滿載,但 FMR 在 Node 數為 20 才近乎滿載,且 TR 較 STN 高;而由圖四(c)我們可以知道緩衝器延遲,STN 在 Node 為 16 時暴漲,而 FMR 在 Node 為 20 才發生暴漲的現象。

由圖四(a)至圖四(d)可證明我們提出的多重傳輸速率模式有較好效能。

### 4-2、固定多重速率的參數

在此我們比較了數種參數對固定多重速率模式的影響,我們挑出 1 個影響較大的參數在此做分析。

#### 4-2-1、產生率(Arrival Rate)、 $\lambda$

我們假設兩種服務型式(Service Type)的比列

$R_1=R_2=1/2$ 、 $L=2$ 、 $MP=0.1$ 、 $buffer\ size=1000$  接著讓產生率(Arrival Rate)此指不同服務型式的封包產生率為  $\{\lambda_1, \lambda_2\}=\{0.01, 0.02\}$ 、 $\{0.01, 0.04\}$ 、 $\{0.01, 0.06\}$  三組數據分別稱為 Case-1、Case-2、Case-3 去做模擬，所得到的結果如圖五(a)至圖五(c)，分別為頻道使用率(Channel Utilization)、傳輸速率(Transmission Rate)、緩衝器延遲(Buffer Delay)。

由圖所知，頻道使用率及傳輸速率 Case-1、Case-2、Case-3 分別在 Node 數為 10、14、16 時滿載，且最大值均為 Case-3 > Case-2 > Case-1；Case-1、Case-2、Case-3 分別在 Node 數為 18、10、6 時發生緩衝器滿溢的現象。

由模擬的結果我們知道，當  $\lambda$  越大時，頻道的使用率變大，傳輸速率提升，但較快速達到滿載的程度，緩衝器延遲暴漲的情形較快發生。

## 5、多重傳輸速率無線區域網路的其他模式

我們之前所提出的多重傳輸速率模式，所有的工作站除了擷取點(Access Point)以外，都只能在所屬的速率區間才可以參與競爭，其餘的時候則處於準備(Standby)的狀態下，我們在此又提出其他不同的模式，使我們可以根據現在網路上的狀況選擇適合的模式傳輸。

### 5-1、向下相容多重速率與競爭速率傳輸

我們在此又提出兩種多重傳輸速率無線網路上應用的模式，為向下相容多重速率與競爭速率傳輸，我們在此說明此兩種模式。

#### 5-1-1、向下相容多重速率(Downward Compatible Multi-Rate, DCMR)

工作站不限定在唯有屬於自己的速率區間才能參與競爭，而是在向下相容所有的速率區間都可以參與競爭，也就是說屬於 11Mbps 的工作站，可以使用 11、5、2、1Mbps 的區間參與競爭，5Mbps 的工作站可以使用 5、2、1Mbps 的區間參與競爭，依此類推，但是，最低速率的工作站就只能在最低速率區間競爭。競爭到的工作站就以此工作站的最高速率傳送資料，即 11Mbps 的工作站，用 11Mbps 傳輸，5Mbps 的工作站用 5Mbps 傳輸，依此類推。

#### 5-1-2、競爭速率傳輸(Contented Rate Transmission, CRT)

工作站不再限定在唯有屬於自己的速率區間才能參與競爭，而是在向下相容的所有的速率區間都可以參與競爭，到此和 DCMR 模式相同，不同處在於，競爭成功的工作站是以所參與競爭成功的速率傳送資料，並非以此工作站的最高速率傳輸，即 11Mbps 的工作站，若在 5Mbps 的區間競爭成功，則用 5Mbps 的速率傳輸；若是在 2Mbps 的區間競爭成功，則用 2Mbps 的速率傳輸。

### 5-2、DCMR、CRT 的模擬結果與 FMR

在此我們模擬向下相容多重速率和競爭速率傳輸兩種模式並且和固定多重速率做比較，我們假設兩種服務的  $R_1=R_2=1/2$ 、 $L=2$ 、 $\{\lambda_1, \lambda_2\}=\{0.01, 0.06\}$ 、 $buffer\ size=1000$

去做模擬，得到的結果如圖六(a)、圖六(b)分別為頻道使用率與傳輸速率。

在圖中可發現，頻道使用率 FMR、DCMR、CRT 在 Node 數接近 12 時就近乎滿載，但是最高的使用率數值 CRT > FMR > DCMR，因為 CRT 每次都是以競爭到的區間速率傳輸，所以頻道的使用率較不會浪費，而 DCMR 的傳輸速率不是競爭到區間的速率，能相容的速率較多，高速傳輸時頻道的使用時間較短，反之低速傳輸時就較長，所以使用率較低。

在傳輸速率中，當 Node 數小於 8 時三條線重合，Node 數 8 至 20 之間 DCMR 有最高的傳輸速率，CRT 最低。當 Node 數大於 20 時，TR 值 CRT > FMR > DCMR，因為當工作站的個數較少時，速率區間競爭的情形較少，但若工作站的個數變多時，DCMR 在不同區間競爭去搶其他工作站所能使用的區間，會造成較大的衝撞(Collision)情形，所以傳輸速率在工作站個數多時會降低，所以 DCMR 適合應用在網路負載較輕的網路。

## 6、結論

我們提出的多重傳輸速率無限區域網路的想法，在效能上可以得到比傳統無線區域網路更好的特性，將傳輸速率提升、改善緩衝器和擷取延遲。

### 6-1、我們未來研究方向

#### 6-1-1、超級訊框(Super Frame)的速率區間排序

現在我們超級訊框的排列方式為 11Mbps、5Mbps、2Mbps、1Mbps，未來我們將要研究如何將超級訊框內區間做不同的排序，以得到較好的效能。

#### 6-1-2、超級訊框(Super Frame)速率區間的界線

現在我們提出的方式，在超級訊框中的區間的大小均一樣，我們將要不同區間的大小做調整，讓不同的速率有不同的區間大小，以求得較好的傳輸特性。

#### 6-1-3、選擇模式

我們提出的多重傳輸速率無線網路有幾種模式，但是目前必須將各種模式分開使用，我們將研究出一套方式，讓我們可以依照不同的情況，選擇模式，甚至動態的讓每個工作站選取模式，來得到好的傳輸效能。

## 7、參考文獻

- [1] Part 11:Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, the IEEE standards.
- [2] Mohamed-Slim Alouini, Member, IEEE, Xiaoyi Tang, and Andrea J. Goldsmith, Member, IEEE, "An Adaptive Modulation Scheme for Simultaneous Voice and Data Transmission over Fading Channels," IEEE Journal on selected areas in communications, vol 17, no.5, may 1999.

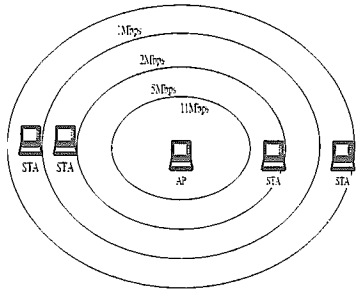


圖 (一) 架構圖

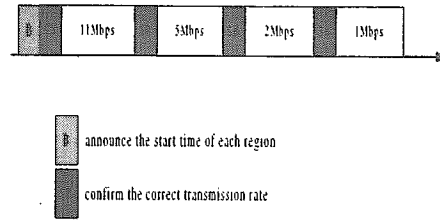
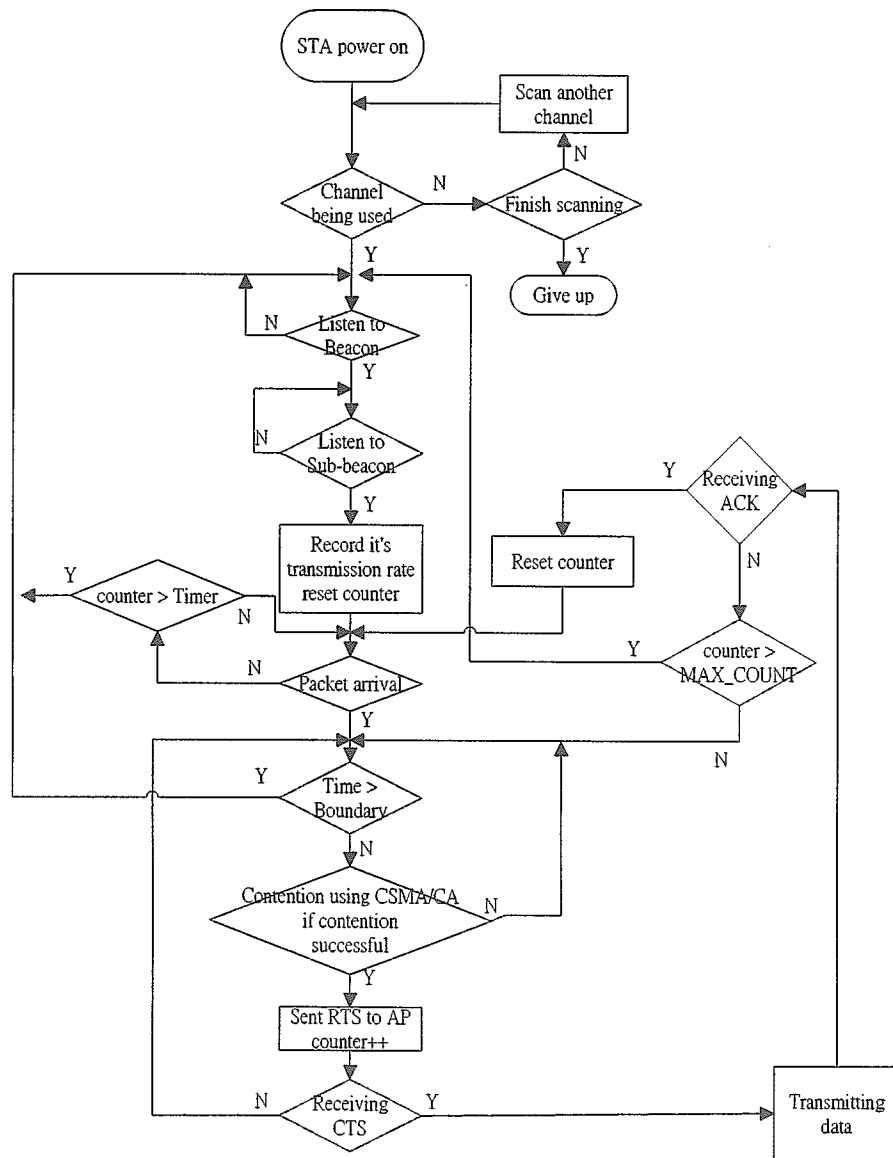
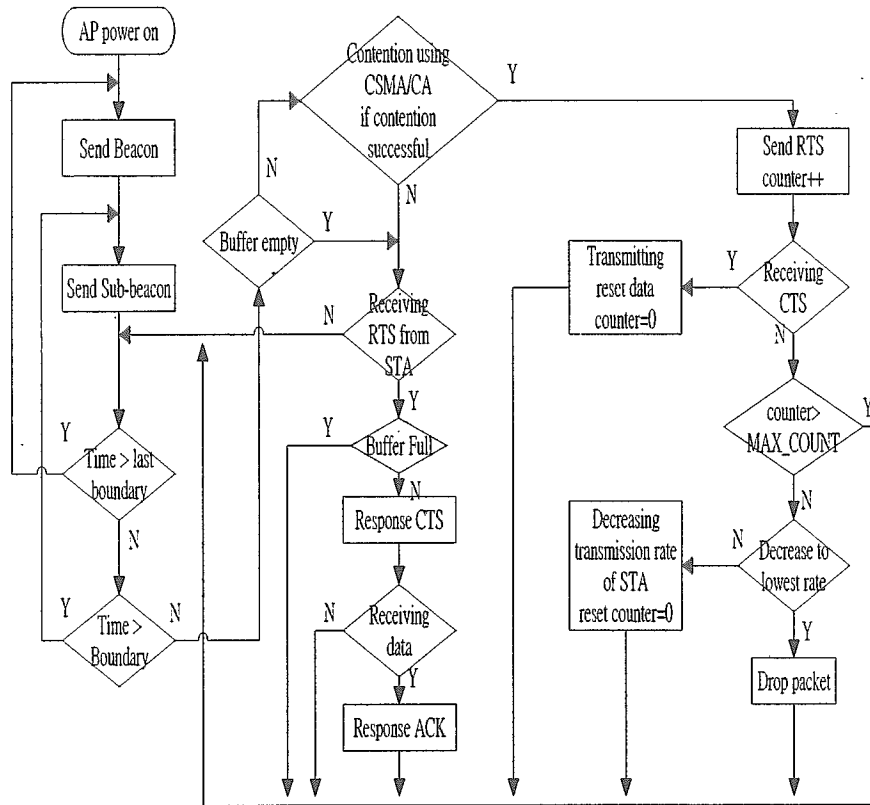


圖 (二) 超級訊框(Super Frame)

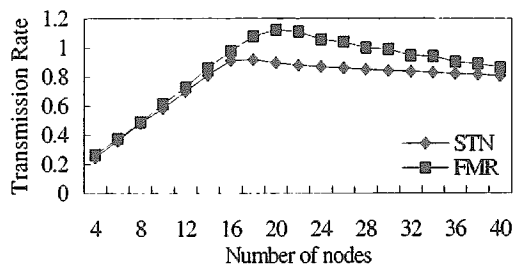


(a)

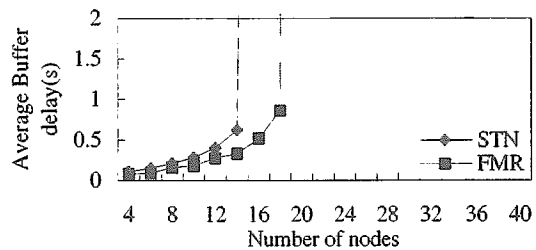


(b)

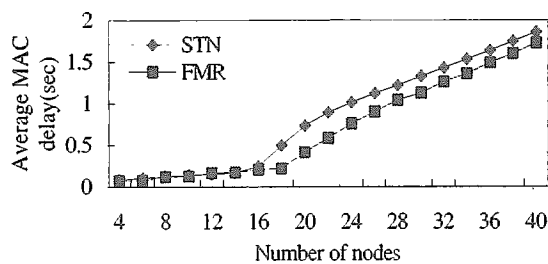
圖三(a)擷取點流程圖(b)工作站流程圖



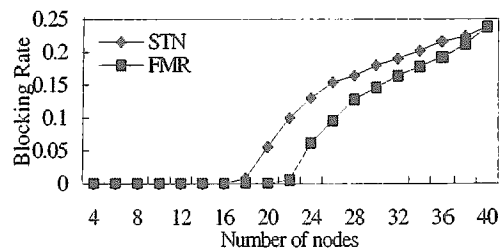
(a)



(c)

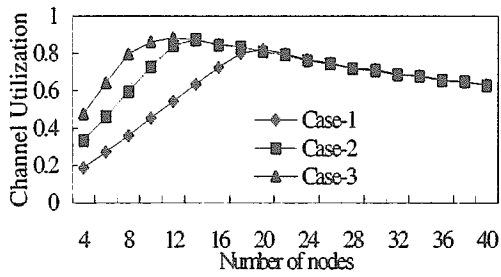


(b)

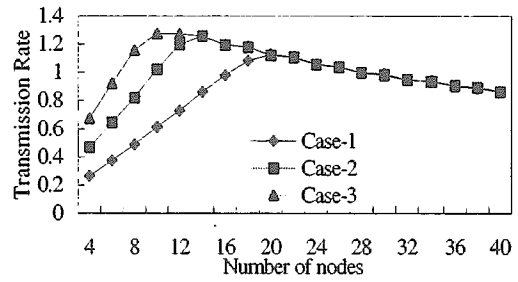


(d)

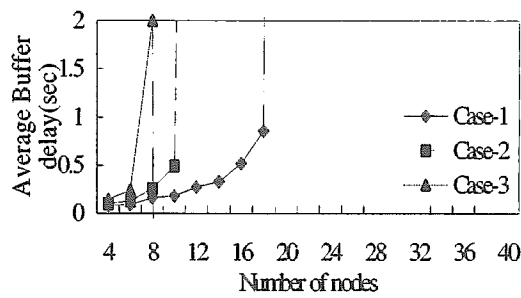
圖四 STN 與 FMR 的比較(a) Transmission Rate (b)MAC Delay (c)Buffer Delay (d)Blocking Rate



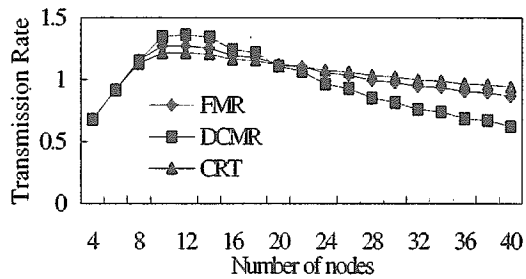
(a)



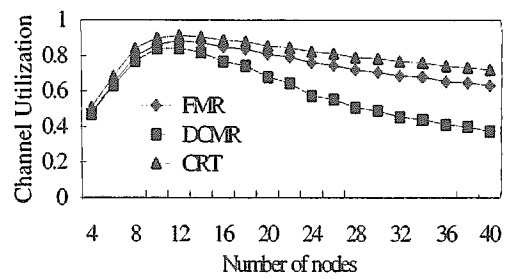
(b)



(c)

圖(五)FMR 不同產生率 $\lambda$ 的比較(a)Channel Utilization (b) Transmission Rate (c)Buffer Delay

(a)



(b)

圖(六)三種應用模式的比較