

# 在具備集中式協調功能的無線網路中以多頻同步傳輸提昇效能之 通訊協定

Po-Hui Shih, Shy-In Huang  
Computer Science Engineering, Yuan-Ze University  
s937427 [at] mail.yzu.edu.tw, shyhin [at] saturn.yzu.edu.tw

## 摘要

在本篇研究中，我們提出一個在具備集中式協調功能的無線網路上，利用多個頻道同步傳輸來提昇整個網路總流量的通訊協定。這個協定利用兩次的資訊收集，來解決上述論文仍可能發生碰撞的問題。同時經由在同一時間中，讓更多的節點同時傳輸，來提供整體網路更大的傳輸量。綜合我們提出的通訊協定，具有下列特點：(1)不用預知地理資訊。(2)無隱藏點問題。(3)節省等待時間。(4)避免碰撞。  
**關鍵詞：**集中式協調功能，無線網路，同步傳輸，隱藏點，碰撞。

## Abstract

In this research, we propose a new Synchronization of Multi-Channel MAC Protocol. The new protocol used twice information collection, this can help us to solve the collision problem. Also, use the same collection information, more nodes can transmit data at the same time. Therefore, we can improve the total throughput of the wireless network. After all, our protocol may have advantage listed below: (1) Works without GPS. (2)It may solve hidden terminal problem. (3)It may saving average node waiting transmit time. (4) It may avoid collision.  
**Keywords:** PCF, IEEE 802.11, synchronization, hidden terminal, collision.

## 1. 前言

### 1.1 研究背景

隨著科技的進步，人們利用網路交換資訊的方式也從實體網路進化成無線網路。在目前的社會中，我們可以看到電話網路從有線式的家用電話進化成個人隨身攜帶的無線電話；手提式電腦也從早期找電話線撥接上網演化成利用無線存取點 (Access Point) 或利用手機連上 3G 網路獲取資訊 [7]。從上述現象我們可以發現，無線網路在人們生活中的應用已經愈來愈重要。

無線網路依照連線方式可分為兩種模式，第一種是無線用戶連接預先架構好的基礎建設，此種方式稱為基礎建設模式 (Infrastructure Mode) [6]；第二種是指無線用戶之間直接以點對點做傳輸，此種方式不用預先架構基礎建設，稱為隨意型無線網路 (MANET: Mobile Ad Hoc Network) [5]。

### 1.2 研究動機及目的

鑑於無線網路的應用日益增加，如何提升無線網路的總輸出量便成了許多人感興趣的研究議題之一。在現有的無線網路應用環境下，多數的使用情形是所有無線相關設備挑選一個特定之頻道做傳輸資料使用。然而以 802.11b 為例 [4]，在台灣共有 11 個頻道可供使用，扣除可能會造成互相干擾的頻道，還有三個頻道可供使用；若所有的設備都只使用一個頻道做傳輸，另外的兩個頻道即為浪費掉的資源。在無線網路應用日益普及的今日，若能加以利用未使用的頻道，便能有助於提升整體網路的總輸出量。

為了提升整體網路流量的效能，因此我們提出在一個在具備集中式協調功能的無線網路環境下，利用多個頻道同步傳輸的通訊協定，以期將網路整體效能發揮到最大 [1]。此協定具備了下列特點：(1)不用預知地理資訊 [3]、(2)無隱藏點的問題 [8]、(3)節省等待時間、(4)有效避免碰撞。

## 2. 相關研究討論

### 2.1 集中式協調功能 (PCF, Point Coordination Function)

在 IEEE 802.11 中，集中式協調機制是有一個站點負責詢問這個頻道內的所有點是否有要傳的意願，詢問的方式是以一個一個輪流詢問來達成 [2]。類似於分散式協調要等一個分散式協調訊號間隔，集中式協調也需等待一段集中式協調訊號間隔 (PIFS, PCF Inter-Frame Space)。集中式協調的優先權比分散式協調的優先權還高，因此其等待訊號間

隔也比分散式協調等時訊號間隔小。圖 1 即為等待訊號間隔的示意圖。我們可以發現到分散式協調訊號間隔比集中式協調間隔還長，因此分散式協調需等到集中式協調都結束後，才獲得媒介的使用權。

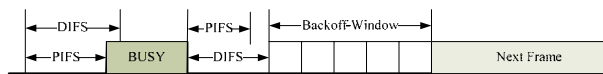


圖 1：集中式協調及分散式協調等待間隔示意圖

其實不論是集中式協調功能，還是分散式協調功能，都是由載波感測多重存取/碰撞避免加以演化的概念。其中集中式協調功能雖然有一個節點負責輪詢，但是還是由免競爭時期(CFP, Contention-Free Period)及競爭時期(CP, Contention Period)所組成，此兩者會以固定週期輪替，如圖 2。

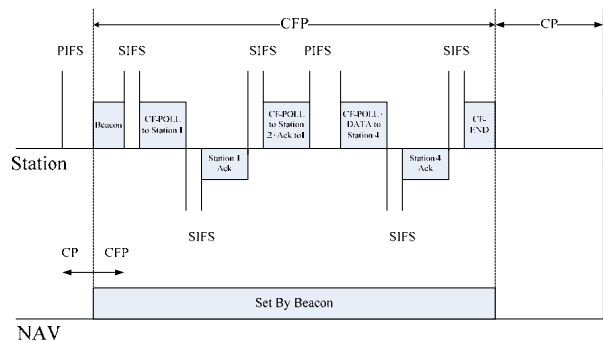


圖 2：集中式協調時期交替示意圖

## 2.6 同步化集中式協調功能

在 2004 年 VTC 中，Dimitrios D. Vergados 等人提出了同步化集中式協調功能(Synchronized PCF)的概念[9]。其主要想法是建立一個超節點(Super Node)收集整個網路環境的資訊，再將這些資訊建立成一個表格。接著經由表格判定那些節點能在同一個時間內傳輸不會互相干擾，然而其判定條件過於嚴格且是基於單一頻道做為研究前提，同時此論文也未考量到相鄰之兩節點之間可能也會發生互相干擾的情形。因此我們在第三章便對他們提出的方法加以改良，以提升整體網路傳輸效能。

以表 1 的情形為例，節點 A 在 BS0、BS1 及 BS2 的對應欄位都填 1，代表節點 A 傳輸時其電波範圍會覆蓋 BS0、BS1 及 BS2。在他們提出來的演算法中，他們不允許節點 A 跟節點 B 同時傳輸，因為上述兩點同時傳輸時會對 BS1 及 BS2 造成干擾，然而若節點 A 由 BS0 負責，節點 B 由 BS3 負責彼此還是不會傳送資料的干擾。

表 1：碰撞表(Collision Table)

	BS0	BS1	BS2	BS3	BS4	SUM
A	1	1	1			3
B		1	1	1		3
C		1		1	1	3
D	1	1				2
E	1		1			2
F		1		1		2
G			1			1
H	1					1
I		1				1
J				1		1
K					1	1
L			1			1

## 3. 一個基於多頻道且具有中控機制的無線網路通訊協定

在網路環境中，如何有效的利用頻寬是許多學者感興趣的議題。隨著科技的進步，使用多個頻道的無線網路設備也開始慢慢的出現於市場上。近年來也有一些文獻研究如何利用多個頻道來增加網路頻寬，以下是我們提出的通訊協定研究，同時闡述我們提出之通訊協定相關細節，並和現有的協定做比較。

### 3.1 頻道的分類

在多個頻道使用的傳輸機制底下，我們將其中一個頻道預先保留做為傳送控制訊號使用，我們稱此頻道為控制頻道(Control Channel)。控制頻道負責傳送各個無線設備申請註冊、准予註冊、使用頻道、時間同步……等控制相關資訊。剩下的頻道稱為資料頻道(Data Channel)，負責各個節點傳送資料使用。

### 3.2 表格的建立

當一個設備想連上無線網路時，需要先利用控制頻道發送廣播，告知自己的身份及自己想連上網路。經過一段時間後，各節點便可知自己會受到那些鄰居的干擾。此時各節點會再發送第二次廣播，將自己想連上網路的資訊及自己有那些鄰居的資訊廣播出去。因此無線存取點可以得知在自己的傳輸範圍中，共有那些想連上網路的無線設備，以及其鄰居為何。

在我們的環境中，所有的無線存取點都會收集有那些無線設備想連上網路，以及其鄰居節點的資訊。資料收集完後，所有的無線存取點會將這些資料回報到一個超節點(Super Node)來做頻道的分配。超節點是一個負責收集資料的節點，此節點不一定需要提供無線存取點的功能，但是需要和這個

網路環境中的所有無線存取點做連線，因此超節點也有可能只是一台運算能力夠強的電腦。

超節點在接收到所有無線存取點範圍中的設備資訊後，會建立一個表格，裡面記載著所有無線存取點及相關設備的資訊。我們定義  $i$  為無線存取點的編號， $\alpha_i$  為無線設備  $\alpha$  的傳輸範圍是否覆蓋了第  $i$  個無線存取點，若有覆蓋則  $\alpha_i$  填入  $\{\alpha\}$ ，反之則填入  $\emptyset$ 。至於各節點收集到的鄰點資訊則放在各節點對應的鄰點一欄中。

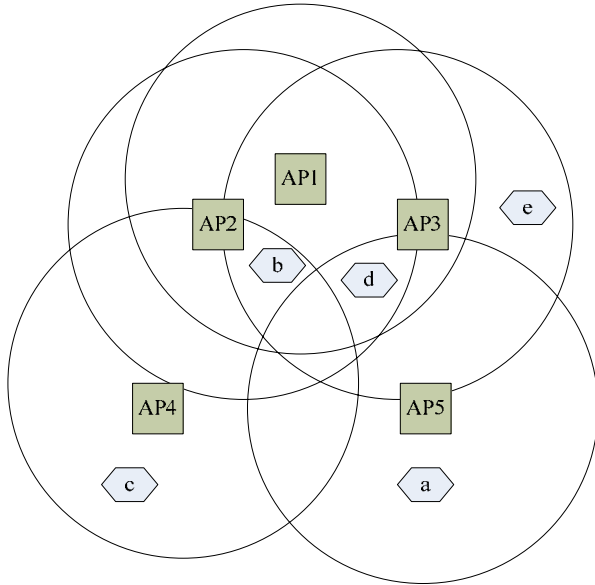


圖 3：無線網路環境範例

假設我們的無線傳輸環境建置如圖 3，其中 AP 代表著無線存取點，英文字母代表想連上網路的無線設備，圓圈為各 AP 的覆蓋範圍。因此我們最後可以建出一個如表 2 的傳輸範圍表。

表 2：傳輸範圍表

	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	鄰點
a	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\{a\}$	null
b	$\{b\}$	$\{b\}$	$\{b\}$	$\{b\}$	$\emptyset$	d
c	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\{c\}$	$\emptyset$	null
d	$\{d\}$	$\{d\}$	$\{d\}$	$\emptyset$	$\{d\}$	b
e	$\emptyset$	$\emptyset$	$\{e\}$	$\emptyset$	$\emptyset$	null

### 3.3 分配各設備所用之存取點及使用頻道

在表格建立後，我們可以從表格判斷出那些設備在無線存取點間會造成干擾。我們的目標是將會互相干擾的設備分成不同的頻道做傳輸，同時又希望這些設備可以佔用最少的頻道。這樣就可以使整個系統的總輸出量達到最大。

#### 3.3.1 排序

因為一個無線設備傳輸範圍內的無線存取點愈多，便有愈多的連線選擇，相對而言也較容易和其他設備互相干擾。因此在超節點建立好表格後，需統計各個無線設備傳輸範圍內有多少無線存取點，依照存取點的數目對表格做排序。我們將於 3.3.3 介紹完如何找出不會互相干擾之設備後，舉出一個排序後能進一步節省使用頻道的例子。

#### 3.3.2 找出能同時傳輸的設備放於同一頻道

在表格排序好後，我們便需找出那些設備之間同時傳輸不會造成互相的干擾，這些設備便可以放在同一個頻道來傳送。為了達成這個目的，我們利用鄰點欄位，以及不同列間的聯集來完成這件工作。假設節點 a 的鄰點欄位有節點 b，則代表若我們把節點 a 及節點 b 放於可同時傳輸的頻道中；當節點 a 從其所屬的無線存取點下載資料，節點 b 卻要上傳資料給其所屬的無線存取點時，節點 a 會同時收到來自無線存取點及節點 b 的訊號，造成互相干擾。因此節點 a 和節點 b 不能放於同一個頻道。

確定鄰點間不會互相干擾後，我們要試者找出可以同時從無線存取點上傳下載資料的節點。假設我們有  $n$  個無線存取點，則我們可以定義設備  $\alpha$  對應的傳輸範圍表不含鄰點欄之列表式如下：

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n)$$

以表 2 為例，a 對應之列表式為  $a = (\emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset, \{a\})$ 。承上，我們可以定義傳輸範圍表不含類點欄中任兩列之聯集表示式如下：

$$\forall a, b \in \alpha$$

$$a \cup b = \{(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \mid x_i = a_i \cup b_i, 1 \leq i \leq n, i \in Z^+\}$$

以表 2 為例，a 列聯集 b 列之運算如下：

$$a \cup b$$

$$= (\emptyset \cup \{b\}, \emptyset \cup \{b\}, \emptyset \cup \{b\}, \emptyset \cup \{b\}, \{a\} \cup \emptyset)$$

$$= (\{b\}, \{b\}, \{b\}, \{b\}, \{a\})$$

定理 1：令  $\alpha$  為所有無線設備所成之集合， $f(\beta)$  為  $\beta$  列表式內含元素的集合， $\beta \in \alpha$ 。  
 $\forall a, b \in \alpha$ ，令  $C = \{a, b\}$ ， $\forall c \in C$ ， $\{c\} \in f(a \cup b) \Rightarrow$  存在一組無線存取點集合，能讓集合 C 中的所有無線設備，同時傳輸及接收資料而不發生干擾。

$\forall c \in C, \{c\} \in f(a \cup b)$   
 $\therefore \{c\}$  是無線設備  $c$ ，是否覆蓋了某個無線存取點的表示法  
 又  $C$  中的所有元素，都能在  $f(a \cup b)$  找到一個只對應自己的元素  
 $\therefore C$  中的所有元素，能找到一個無線存取點，只被自己的傳輸範圍覆蓋  
 $\therefore$  存在一組無線存取點集合，能讓集合  $C$  中的所有無線設備，同時傳輸及接收資料而不發生干擾。

由上述證明，我們可以得知「 $\forall a, b \in \alpha$ ，令  $C = \{a, b\}$ ， $\forall c \in C, \{c\} \in f(a \cup b) \Rightarrow$  存在一組無線存取點集合，能讓集合  $C$  中的所有無線設備，同時傳輸及接收資料而不發生干擾。」式子成立。

我們可以再推論列表式式的兩個性質：(1) 當一個無線基地台對應  $\beta$  列表式元素，若為  $\phi$ 。代表沒有任何無線設備的電波範圍會覆蓋到他。所以此無線基地台雖然不會發生干擾，但是也是閒置在一旁。(2) 當一個無線基地台對應  $\beta$  列表式元素，若為多個元素的集合。代表此基地台同時收到兩個以上的無線設備傳送，即會發生干擾。

以表 2 為例，我們已求得  $a \cup b = \{\{b\}, \{b\}, \{b\}, \{b\}, \{a\}\}$ ，所以  $f(a \cup b) = \{\{a\}, \{b\}\}$ 。我們在  $f(a \cup b)$  中可以找到  $\{a\}$  及  $\{b\}$ ，換成數學的說法即為  $\forall c \in C, \{c\} \in f(a \cup b)$ 。由定理 1，我們可以得出存在無線存取點能讓  $a, b$  同時傳輸及接收資料。對應到實際情形，我們發現  $b$  可以找 AP1， $a$  可以找 AP5 做傳輸，不會發生互相干擾的問題。

為了方便聯集運算，我們先定義一個暫存使用的表格。這個表需和傳輸範圍表有相同的欄位數記錄對應的無線存取點。然而只需要一列負責記錄聯集後的結果，其中各行的初始值為。

以表 2 之  $a$  列聯集  $b$  列後的情形為例，其記錄在暫存表的情形如表 3。

表 3：暫存表

	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5
$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$

我們從「傳輸範圍表」的最上面一列和「暫存表」的列做列聯集運算。利用定理 1，我們可以判斷兩列聯集後是否能同時傳輸。因此我們可以用下列演算法，確定那些設備能放於同一個頻道。

- Step 1: 我們將暫存表之設備設為聯集設備  $a$ ，將傳輸設備最上面一列之設備設為聯集設備  $b$ 。
- Step 2: 當  $a, b$  聯集後判定能同時傳輸時，我們將設備聯集後對應的列表式，寫回暫存表之中；跳至 Step 4。
- Step 3: 當此  $a, b$  聯集後判定不能同時傳輸時，我們不將此結果寫回暫存表之中。
- Step 4: 我們將暫存表之設備設為聯集設備  $a$ ，將剛剛用來比較之聯集設備  $b$  的下一列，設為新的聯集設備  $b$ ；跳至 Step 2。然而若剛剛用來比較之聯集設備  $b$  已是傳輸範圍表的最後一列，則結束一個頻道的比較。

我們以表 2 為例，其決定一個那些設備能放同一頻道之流程如下：

- (1) 將「傳輸範圍表」最上方列指定為  $b$ ，「暫存表」之列設為  $a$ 。
- (2)  $a$  和  $\phi$  聯集後仍為  $a$ ， $a$  能找到自己有對應的 AP，因此把對應的列表式寫回暫存表中。
- (3)  $b$  和暫存表聯集前，先判斷已在暫存表中的節點  $a$ ，並不在自己的鄰點中。因此可以試著聯集，聯集後確實  $a$  和  $b$  都能找到對應於自己的無線存取點。因此可放同一頻，將結果寫回暫存表。
- (4)  $c$  和暫存表列聯集後，無法所有的點都找到一個無線存取點不被干擾，因此不寫回暫存表。之後依序加入  $d, e$  設備，發現也無法同時傳輸，因此確定只有無線設備  $a$  跟無線設備  $b$  能放在同一個頻道。

我們由左而右依序檢驗已聯集完的暫存表之各元素，只有一個元素是包含單一元素的才不會發生干擾，我們便能分配對應的無線存取點給此設備。假設有一個頻道之加入，最後得出暫存表表 5。 $a$  為單一元素，對應的無線存取點為 AP1，所以我們能分配 AP1 給  $a$ 。而在  $a$  右邊的元素是多個元素的集合，因此會發生干擾，不能分配給任何設備。至於  $b$  在對應 AP3 及 AP4 都是單一元素，因此我們讓  $b$  在 AP3 或 AP4 中擇一註冊即可。

### 3.3.3 分配多個頻道給不同的設備

在 3.3.2 中，我們描述了如何確定那些設備可放於同一個頻道。為了多個頻道的處理，我們在表格中再加入一個頻道欄，這個欄位的初始值是  $\phi$ ，負責記錄設備被分到的頻道。

當一個頻道內的設備使用頻道及對應存取點確定好後，超節點會將依據暫存表的資訊，告知各無線存取點負責的設備，及對應的頻道。再由負責該設備的無線存取點，經由控制頻道告知各設備使用何頻道對自己做傳送及接收資料。這些設備收到資訊後再將自己的頻道跳至對應頻道做傳送。

在頻道分配完成後，我們將已分配頻道之設備對應的頻道欄設為該頻道的號碼。在新的頻道聯集時，我們就不用對已分配頻道之設備做處理，專注於尚未分配頻道之設備即可。我們重覆上述步驟，直到所有的設備都被分配了頻道。表 4 即為分配完頻道的情形。

表 4：將各設備對應之頻道做對應記錄

	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	CH
a	∅	∅	∅	∅	{a}	1
b	{b}	{b}	{b}	{b}	∅	1
c	∅	∅	∅	{c}	∅	2
d	{d}	{d}	{d}	∅	{d}	2
e	∅	∅	{e}	∅	∅	3

現在我們已經介紹完我們如何分配頻道及存取點給不同的設備，讓我們回過頭來討論在 3.3.1 介紹過的排序。以表 7 為例，在排序前我們會花掉三個頻道才不致造成設備間的互相干擾。

但是我們若先依據各節點覆蓋的無線存取點數量排序，接下來同樣使用上面介紹過的演算法，來分配各設備的使用頻道。我們發現只要花兩個頻道就可以讓設備間不互相干擾而同時傳輸。如表 5 所示，我們讓原本要花三個頻道才能同時傳輸的情形，更進一步降到只花兩個頻道，即可同時傳輸。

表 5：排序後可以進一步節省使用的頻道總數

	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	CH
a	∅	∅	∅	∅	{a}	1
c	∅	∅	∅	{c}	∅	1
e	∅	∅	{e}	∅	∅	1
b	{b}	{b}	{b}	{b}	∅	2
d	{d}	{d}	{d}	∅	{d}	2

### 3.4 所需頻道超過環境可提供總頻道數之處理方式

由於現實環境中，無線網路能提供的頻道數量是有限的，因此我們仍需考量當所需頻道數超過實際無線網路之頻道數時，我們要怎麼處理。在我們提出的協定中，我們會以迴圈式的方式，依序將各頻道的節點加入各頻道的輪詢表中。

假設我們只有兩個頻道，各設備分類後，各頻道的使用情形如下：設備{a}使用頻道 0，設備{b,

c}使用頻道 1，設備{d,e}使用頻道 2。由於所需頻道數已超過環境所能提供的頻道數。依上述我們所提出的處理方式，最後頻道 0 會有{a}及{d,e}兩群設備，頻道 1 則負責{b,c}這一群設備即可。在頻道 0 中，此兩群設備的傳輸是用集中式協調輪詢處理，也就是{a}設備傳輸完後，無線存取點才會用集中式協調功能問{d,e}群組是否有資料要上下傳。待{d,e}群組資料傳輸完成，無線存取點又會回頭詢問{a}節點群組是否有資料要上下傳，如圖 4 所示。

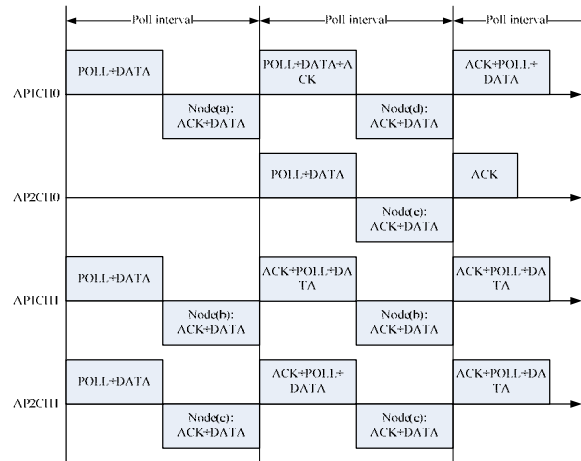


圖 4：不同頻道的輪詢示意圖

## 4. 系統數據

本章將介紹實驗的模擬環境，與相關的模擬數據資料。主要分析在我們設計的通訊協定下，同時傳送更多節點的封包及減少碰撞所達成的效能提升，並且針對此設計所帶來的一些影響，如分頻完後的群組數量、碰撞率以及系統提供的總流量在不同環境下探討。

### 4.1 系統實驗環境

本實驗將使用 Network Simulator – ns2[10]，做為實驗的模擬平台。NS2 主要用於模擬無線網路系統，在無線網路的模擬上面也有不少模擬成果可依循。另外 Synchronized PCF [9]也是以 NS2 為模擬系統來進行模擬與分析，因此使用 NS2 來進行測試，並與本研究所提出的系統架構做比較。

### 4.2 模擬數據分析

以下實驗將針對 (1) 節點數量以及群組分類的關係；(2) 節點數量與封包碰撞比例的關係；(3) 節點數量與端點傳送延遲時間的關係；(4) 節點數量與系統總流量的關係，做逐一的探討。為求表達的方便，在下文中我們將我們設計的通訊協定 Synchronization Multi-Channel PCF 簡寫為

SMPCF，而將對照組的 Synchronized PCF [9] 簡寫為 SPCF。同時由於 802.11b 只有三個頻道是不會互相干擾，所以 SMPCF 的無線存取點可同時對三個頻道收發資料。然而各無線節點仍只能同時對一個頻道收發資料。其中我們以亂數決定那些節點從無線存取點下載資料，那些節點上傳資料給無線存取點。

#### 4.2.1 節點數量與系統總流量的關係

在系統總流量的實驗中，我們依照比對論文 SPCF 用的點數，從 5 個節點開始依序一次增加 5 個節點，一直比對到 70 個節點為止。

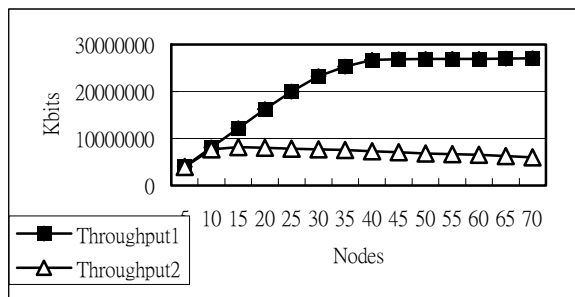


圖 5：節點數量與系統總流量關係圖

圖 5 中的 Throughput1 代表 SMPCF 的系統總流量，Throughput2 代表 SPCF 的系統總流量。圖 16 中的 X 軸代表節點數量，Y 軸則為傳送的總位元數。

觀察圖 5 我們可以發現 SMPCF 的流量呈現一個穩定成長的成長曲線，一直到服務的節點數量達到四十個點後，系統能服務的點數呈現飽和現象，系統總輸出流量呈現持平現象。反觀 SPCF 在到達流量的高峰後，由於之前未考量到的碰撞問題，使整個系統發生碰撞的機率增大，反而讓系統總流量開始下降，而不是持平的情形。

## 5. 結論

如何提昇網路整體的效能，一直是人們感興趣的問題。在集中式協調功能中，便定義了輪詢方式，以讓網路環境能在有協調者的情形下，能提昇效能。接著在同步化集中式協調功能(SPCF)中，更進一步定義了多個無線存取點一致的輪詢方式，希望能讓整體網路效能進一步提升。如何提昇整體流量、降低碰撞率一直是研究無線網路排程方案想要達成的目的。

在本篇研究當中，針對同步化協調功能提出了利用聯集方案，讓更多的節點能放入同時傳輸的頻道中；同時加入鄰居節點資訊的考量，進一步降低

碰撞的發生。透過這兩種機制的幫助，我們得以達成提昇整體網路效能，以及避免碰撞及隱藏點問題的目標。進而改善了同步化協調功能整體效能不夠好，同時解決了隱藏點問題並且能有效的避免碰撞。

在網路密度增加的同時，仍然可以判定那些節點能同時傳輸，卻又不致發生隱藏點問題，因而能把網路整體流量提昇至最高，不致有無謂的浪費。因此在高密度節點、佈點後節點不會移動的網路環境之中，本文提出的協定能夠提供很低的花費而得到更有效率的傳輸環境。

## 參考文獻

- [1] Baiocchi, A., Todini, A., Valletta, A., "Why a multichannel protocol can boost IEEE 802.11 performance.", ACM MSWiM, 2004.
- [2] Crow, B.P., Widjaja, I., Kim, J.G., Sakai, P., "Investigation of the IEEE 802.11 medium access control (MAC) sublayer functions", IEEE INFOCOM, Volume 1, 1997, Pages 126-133.
- [3] Global Positioning System. [Online]. Available: <http://www.navcen.uscg.gov/gps/>
- [4] IEEE std. 802.11, "ISO/IEC 8802-11 IEEE Std 802.11 Second edition", Aug ,2005.
- [5] IETF MANET Group. <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [6] Sharma S., Zhu N., Chiueh T.-C., "Low-latency mobile IP handoff for infrastructure-mode wireless LANs", IEEE Journal on in Communications, Volume 22, Issue 4, May 2004 Page(s):643 – 652
- [7] Third Generation Wireless. [Online]. Available: <http://www.fcc.gov/3G/>
- [8] Tobagi, Fouad A. , Kleinrock, Leonard, "PACKET SWITCHING IN RADIO CHANNELS - 2. THE HIDDEN TERMINAL PROBLEM IN CARRIER SENSE MULTIPLE-ACCESS AND THE BUSY-TONE SOLUTION.", IEEE Transactions on Communications, Volume COM-23, Issue 12, December 1975, Pages 1417-1433.
- [9] Vergados D.D., Vergados D.J., "Synchronization of multiple access points in the IEEE 802.11 Point coordination Function.", IEEE Vehicular Technology Conference, Volume 60, Issue 2, 2004, Pages 1073-1077.
- [10] VINT Group, "UCB/LBNL/VINT network simulator ns (version 2)." [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>