

應用模糊理論於隨意式網路的管理者選派機制

陳榮昌
朝陽科技大學資管系
rcchen@cyut.edu.tw

洪澄瑜
朝陽科技大學資管系
s9514602@cyut.edu.tw

摘要

隨意式網路(Mobile Ad Hoc Network)是由眾多移動性高的行動設備所結合而成。由於網路拓模呈現動態變化，網路群組不斷的拆解及重組嚴重影響整體網路的效能，所以群組管理者的選派機制變得格外的重要。過去這方面的研究大多偏向選擇管理者的方法，對於管理者替換的機制較少探討。因此，本研究導入模糊理論技術，運用較彈性的方式來衡量管理者的能力並建立一個更穩定的管理者選派機制。我們以每一個節點設備的剩餘電力百分比、忙碌程度及剩餘頻寬來評估其管理能力，並以專家所訂的模糊法則來共同決定重選管理者及備援管理者的時機，如此既能確保所選的管理者為較穩定的節點，更能在管理者失效前及時的更換管理者以達到最穩定的網路通訊。

關鍵詞：隨意式網路、管理者選派、模糊理論

Abstract

The mobile ad hoc network is combined by numerous of high-mobility moving equipments. For the dynamically changeable topology of mobile ad hoc network, the overall performance is heavily influenced by the cost of frequently reassembling. Thus, the mechanism of electing a manager of a moving cluster makes more important. In the previously researches, the method of electing a good manager is most concerned. But, the researches take less discussion on the mechanism of the replacement of the managers. So, in this research, we propose a robust mechanism for maintaining a more stable moving cluster by fuzzy inference rules. In this new mechanism, the remained battery capacity, business degree and remained bandwidth of a node are concerned to represent its management ability. And, the decision for electing a manager or backup manager is determined by the fuzzy inference rules which are formed by the experiences of the experts. Thus, we could both get a stable manager and replace it by others before its failure in time.

Keywords: mobile ad-hoc network、manager electing、fuzzy inference rules

1. 前言

近年來，由於個人行動計算設備(手機、PDA、Notebook 等)及無線通訊技術的發展，隨意式網路(Mobile Ad Hoc Network, MANET)已受到全世界廣泛的使用與重視。在隨意式網路(如圖 1)中，每一個行動主機(Mobile Host；MH)可自我組織(Self-organization)形成動態網路，他們藉由多跳躍無線鏈結(multi-hop wireless links)彼此溝通並充當路由器來幫其他的主機傳送封包。由於這些行動主機之間的訊息傳遞是使用氾濫式(flooding)的傳播方式，很容易產生廣播風暴的問題[7]，因此必須使用階層式的架構，將所有的行動主機分群，每一群選一個叢集管理者(Cluster Manager；CM)來傳遞訊息以降低系統複雜度和避免廣播風暴。管理者主要負責群聚的形成、維持並對群聚內的成員作資源分配及管理[1][2][4][5][6][8][9]。

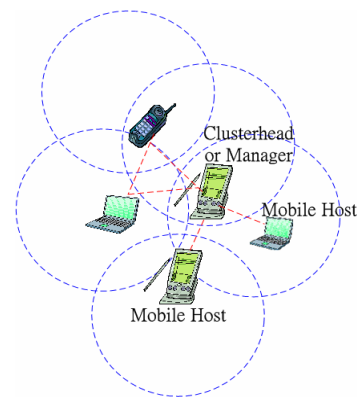


圖 1 隨意式網路架構圖

行動主機多半是仰賴電池提供能源，而且每一個行動主機的移動速度及生命週期都不盡相同，所以選一個穩定和生命週期較長的管理員是相當重要的。在過去已有許多的相關研究，例如[5]和[9]使用模糊理論對管理者進行選派，如此可以讓管理者的選派更有彈性。在[8]

中除了選派管理者之外，又提出選派備援管理者(Backup Manager)的概念，備援管理者的機制可以防止當管理者突然失效時讓網路陷入無管理者狀態。然而，學者們大多偏重於管理者的選派方法，較少探討管理者替換的機制，當管理者突然失效或是能力不佳時就不能夠及時的更換管理者。有鑒於此，本研究以專家所訂的模糊法則來共同決定重選管理者及備援管理者的時機，如此既能確保所選的管理者為較穩定的節點，更能在管理者失效前及時的更換管理者以達到最穩定的網路通訊。

以下的論文中，我們將依序介紹管理者能力指標的評估方法以及以專家所訂的模糊法則為基礎的管理者選派機制。

2. 研究方法

本研究將融合過去學者[5][8][9]所提出之管理者選派機制的優點，提出一個簡潔的管理者能力指標的評估方法及一個以專家所訂的模糊法則為基礎的管理者選派機制。為了簡化問題的複雜度，本研究所提的方法是基於下列四種假設：

- 每個行動主機都有一個可被辨認的識別碼(ID number)。
- 每個行動主機都有相同的訊號強度。
- 每個行動主機發送訊號半徑都相同。
- 每個行動主機都能成功接收與傳送資訊。

因為每一個行動主機都可能隨時會失效(例如關機或離開通訊範圍)，所以我們也採用備援管理者的機制，備援管理者會在管理者突然失效時取而代之，因此能增加整個群組的穩定度。

2.1 管理者與備援管理者能力指標的評估方法

本研究以剩餘電力(p)、CPU 忙碌程度(b)、剩餘頻寬(c)作為推選管理者的依據。過去有學者[2][4][5][6][8]在考慮選派管理者時，以節點的移動性及節點距離群聚中心位置的遠近為依據，但這樣的方式是必須假設有衛星定位系統(GPS)才能得知，本研究暫不考慮。圖 2~圖 4 為上述參數的模糊切割(Fuzzy Partition)的隸屬函數。我們將剩餘電力百分比切割為高(Hp)、中(Mp)、低(Lp)，將 CPU 的忙碌程度

切割為高(Hb)、中(Mb)、低(Lb)，將剩餘頻寬切割為高(Hc)、中(Mc)、低(Lc)。

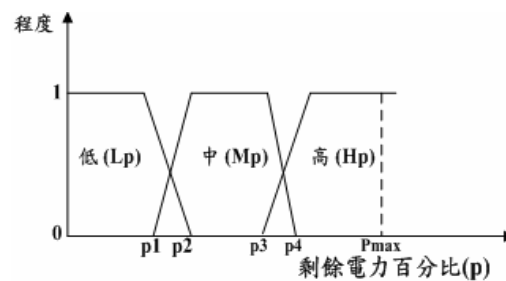


圖 2、剩餘電力的模糊切割(e)

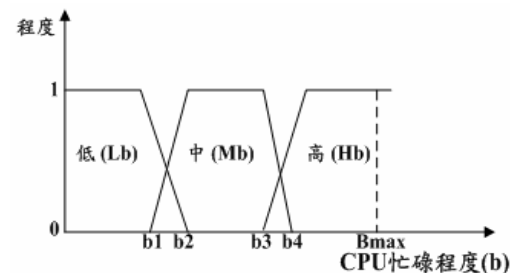


圖 3、忙碌程度的模糊切割(b)

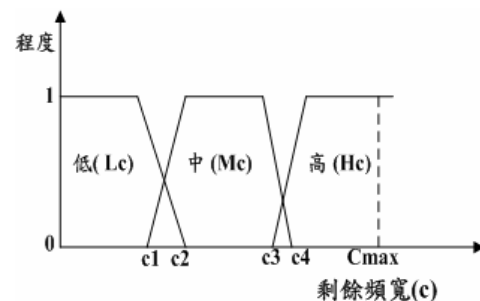


圖 4、剩餘頻寬的模糊切割(c)

好的管理者應該具有充足的電力、有多餘的 CPU 處理能力及頻寬，亦即他對高剩餘電力(Hp)、低忙碌程度(Lb)、高剩餘頻寬(Hc)的隸屬值都要很高才行，所以我們就以此三項能力來綜合考量並算出該行動主機的能力指標。我們定義能力指標

$$I = \min (I_{Hp}, I_{Lb}, I_{Hc}) \text{-----}(1)$$

此種定義方式可以真正訂出適合當管理者的能力，因為當這三種指標的任一種降低時都將嚴重影響其管理能力。過去的研究大多以加權平均的方法來訂能力指標[6][8]，表面上能夠找到最佳狀態的管理者，但這種方法，若某一方面能力很低時，如果其他兩項能力都相當高，其綜合能力依舊是高，顯然這不是我們要的管理者。例如行動主機的電力較不足時，他也可能因為忙碌程度低且剩餘頻寬高使得加

權平均的結果高於其他主機而成為管理者，但顯然這不是好的作法。另外，透過各能力指標隸屬函數的參數調整也可以達到設門檻值的效果，例如如果我們不希望剩餘頻寬低於 20% 的主機當管理者，只要將 20% 以下的剩餘頻寬所對應到的隸屬值設為 0 就可達到這個效果。隸屬函數可以隨不同環境而改變，如此就能適應各個環境而達到適性化的目的。

以表 1 的例子來說：假設有 A, B, C, D, E, F 五個節點，他們對高剩餘電力(I_{Hp})、低忙碌程度(I_{Lb})及高剩餘頻寬(I_{Hc})的隸屬程度如表 1 所示，我們可以得知 C 的能力指標 $I=0.58$ 為最高，所以 C 就成為管理者。同理，E 的能力指標次之，就變成了備援管理者。如果採用加權平均的方法，有可能反而會誤選到 B 或 D 而導致管理者過忙碌或電力不足的情形。

表 1、各節點對高剩餘電力、低忙碌程度及高剩餘頻寬的隸屬程度

	I_{Hp}	I_{Lb}	I_{Hc}	I
A	0.73	0.23	0.68	0.23
B	0.9	0.12	0.95	0.12
C	0.58	0.85	0.62	0.58
D	0.2	0.86	0.89	0.2
E	0.52	0.6	0.55	0.52
F	0.82	0.48	0.75	0.48

2.2 管理者的選派機制

接下來，我們將分別就初始階段及一般階段來探討管理者的選派機制。初始階段是網路剛形成之初，此時並沒有管理者，每一個行動主機各自獨立，最重要的任務是選出管理者及備援管理者。一般階段時，已經有管理者負責維護網路了，因為每一個管理者的電力有限，通訊能力及忙碌程度也隨時在改變，所以管理者除了要幫群組內的行動主機傳送封包外，還要隨時注意是否要重選管理者或更新備援管理者。備援管理者的目的是萬一當管理者突然失效時，它可以取而代之並再選一個備援管理者。

2.2.1 初始階段

行動主機之間是透過訊息交換的方式來達成管理者的選派。此訊息(我們稱為 hello message)的內容包含一個節點的識別碼 Nid 及能力指標 Ni ，即 Hello message = $[Nid, Ni]$ 。此階段的網路尚無任何管理者，因此每一個節點都是一般節點。此時，每一個節點將自行隨機產生一個數值，經過一單位的時間後數值會減一，當有節點倒數至零時，便會將自身的剩餘電力百分比(p)、CPU 忙碌程度(b)、剩餘頻寬(c)，依據能力指標公式計算出自己能力指標並傳送 hello message 給鄰近節點，而每一個節點會記錄所有接收到鄰近節點的 hello message，重覆此步驟到所有鄰近節點的訊息都發送完畢後，每一個節點都可以透過紀錄表得知每一個節點的能力指標與節點的 ID，此時每一個節點會將能力指標最高的節點註記為管理者，次之的註記為備援管理者。網路就由能力指標最高的節點來管理。圖 5 是網路初始狀態管理者選派的流程圖。

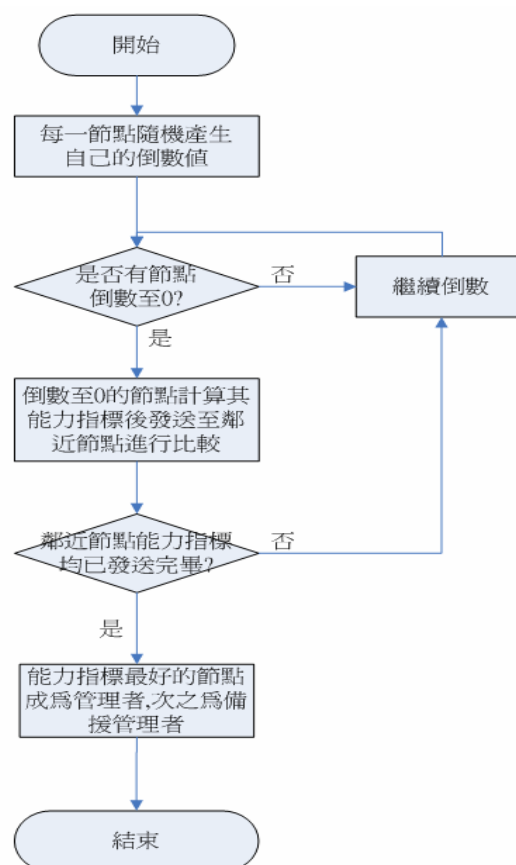


圖 5、網路初始階段的管理者選派流程圖

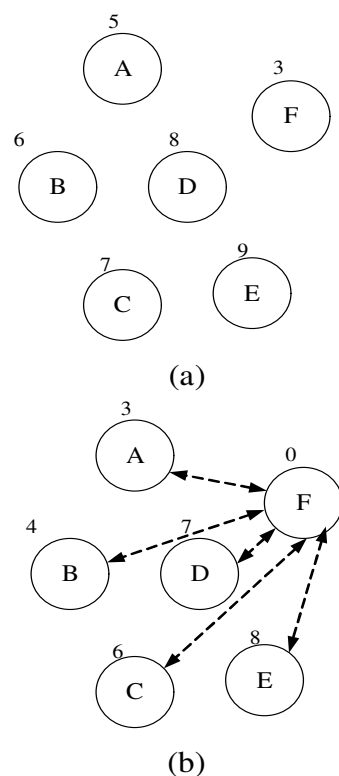


圖 6、網路初始階段管理者選派示意圖

圖 6 是網路初始階段管理者選派示意圖，在(a)中，每個節點隨機產生一到數值後，開始進行倒數，圖(b)中的節點 F 倒數至零時，發送 hello message 至鄰近的 A、B、C、D、E，直到所有節點發送完畢後，能力指標最高的就是管理者，能力指標次之的為備援管理者。

2.2.2 一般階段

當管理者與備援管理者產生後，網路即進入了一般階段。此時的管理者每隔一段時間必須依專家所訂的模糊法則來決定是否要重選管理者與備援管理者。備援管理者的工作只是和管理者同步以便當管理者突然消失時接替管理者的工作。除非管理者能力真的過低，否則盡量不替換管理者以減少管理者替換的額外負擔。但是當管理者的通訊能力減低或 CPU 過於忙碌時或管理者的電力不足時就要準備替換管理者。

表 2 是用來判斷是否要重選管理者的模糊法則，其中 p, b 和 c 代表目前的電力剩餘百分比、CPU 忙碌程度和剩餘頻寬百分比。如圖 2~圖 4 所示，我們將剩餘電力百分比切割為高(Hp)、中(Mp)、低(Lp) 剩餘電力，將 CPU 的忙碌程度切割為高(Hb)、中(Mb)、低(Lb) 忙

碌程度，將剩餘頻寬切割為高(Hc)、中(Mc)、低(Lc)。然後依模糊理論中的 Mamdani Model 的方法，看目前的管理者的三種屬性的狀態是隸屬於哪一個模糊切割(Fuzzy Partition)來決定所採取的動作。因為不同的環境所定義的模糊法則以及所要採取的步驟是不同的，我們只是簡單的以一個通用的模式來定義。表 3 定義所有不同管理者狀態所可能採取的動作。因為備援管理者定期更新，因此能保證備援管理者是除了目前的管理者以外最有能力來當管理者的行動主機。從表 2 中我們可以看出，當管理者的剩餘電力、忙碌程度及剩餘頻寬這三種屬性都處於不錯的狀態時，系統是屬於穩定的狀態，不做任何的變動。當管理者的剩餘電力過少或過於忙碌或剩餘頻寬過低時，就會啟動 e3 來重選管理者及備援管理者。這些屬性值的過高或過低的衡量是由上述 9 個隸屬函數的參數值來決定，因此，藉由改變這些參數值就可以來調整系統特性以達到適性化的目的。

表 2、管理者替換機制的模糊法則

1	If p is Hp and b is Hb and c is Hc then e2
2	If p is Hp and b is Hb and c is Mc then e2
3	If p is Hp and b is Hb and c is Lc then e2
4	If p is Hp and b is Mb and c is Hc then e1
5	If p is Hp and b is Mb and c is Mc then e1
6	If p is Hp and b is Mb and c is Lc then e2
7	If p is Hp and b is Lb and c is Hc then e1
8	If p is Hp and b is Lb and c is Mc then e1
9	If p is Hp and b is Lb and c is Lc then e1
10	If p is Mp and b is Hb and c is Hc then e2
11	If p is Mp and b is Hb and c is Mc then e2
12	If p is Mp and b is Hb and c is Lc then e3
13	If p is Mp and b is Mb and c is Hc then e2
14	If p is Mp and b is Mb and c is Mc then e2
15	If p is Mp and b is Mb and c is Lc then e2
16	If p is Mp and b is Lb and c is Hc then e1
17	If p is Mp and b is Lb and c is Mc then e1
18	If p is Mp and b is Lb and c is Lc then e2
19	If p is Lp and b is Hb and c is Hc then e3
20	If p is Lp and b is Hb and c is Mc then e3
21	If p is Lp and b is Hb and c is Lc then e3
22	If p is Lp and b is Mb and c is Hc then e3
23	If p is Lp and b is Mb and c is Mc then e3
24	If p is Lp and b is Mb and c is Lc then e3
25	If p is Lp and b is Lb and c is Hc then e3
26	If p is Lp and b is Lb and c is Mc then e3
27	If p is Lp and b is Lb and c is Lc then e3

另外，所謂 CPU 的忙碌程度或剩餘頻寬的衡量是以一段時間的平均值來衡量，並非某依時刻，如此才能較正確的得知其該段時間的忙碌程度或剩餘頻寬。

表 3、不同管理者狀態所可能採取的動作

- e1**: 管理者能力屬於較佳的狀態, 不做任何變動。
- e2**: 管理者能力屬於稍差的狀態, 但尚可承擔管理者的任務僅更新備援管理者。
- e3**: 管理者能力屬於不佳狀態, 立即更新管理者及備援管理者。

以下我們以一個例子來說明管理者的替換機制。假設圖7~圖9是剩餘電力、忙碌程度與剩餘頻寬所相對應的隸屬函數且某一時段的剩餘電力 p 、忙碌程度 b 與剩餘頻寬 c 分別為 $p=0.43$ 、 $b=0.65$ 、 $c=0.32$, 將這些數值代入模糊法則中, 我們就可以得到表4的結果。

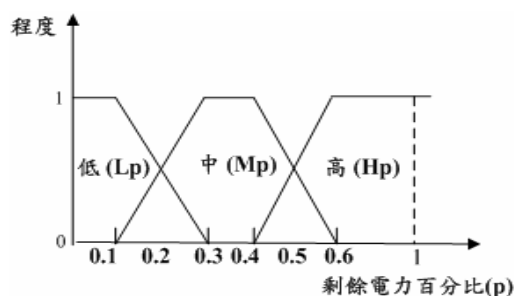
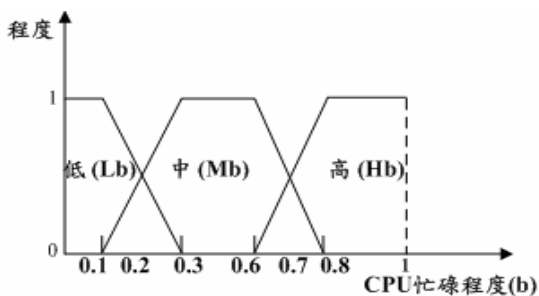
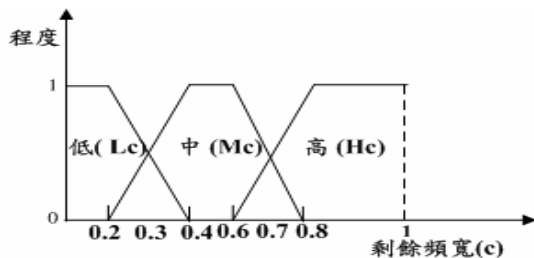
**圖 7、剩餘電力的模糊切割(p)****圖 8、忙碌程度的模糊切割(b)****圖 9、剩餘頻寬的模糊切割(c)**

表4是管理者的剩餘電力 $p=0.43$ 、忙碌程度 $b=0.65$ 與剩餘頻寬 $c=0.32$ 時, 對於各模糊法則的可應用度, 假設第 i 法則對於此三個參數的隸屬程度各為 I_p 、 I_b 與 I_c , 那麼第 i 法則對剩餘

電力 $=p$ 、忙碌程度 $=b$ 與剩餘頻寬 $=c$ 的可應用度即為同時滿足這三個條件的程度, 即可應用度 $I=\min(I_p, I_b, I_c)$ 。從表4我們可以看出, 剩餘電力 $=Mp$ 、忙碌程度 $=Mb$ 與剩餘頻寬 $=Mc$ 時, 法則14所對應到的可應用度最高, 所以代表目前的狀態是屬於中等剩餘電力、中等忙碌程度以及中等剩餘頻寬(p is Mp and b is Mb and c is Mc), 此時, 法則14將被觸動並執行 $e2$ 的動作。

表 4、剩餘電力 p 、忙碌程度 b 與剩餘頻寬 c 相對應每一模糊法則的可應用度

	I_p	I_b	I_c	可應用度 I
1	0.15	0.25	0	0
2	0.15	0.25	0.6	0.15
3	0.15	0.25	0.4	0.15
4	0.15	0.65	0	0
5	0.15	0.65	0.6	0.15
6	0.15	0.65	0.4	0.15
7	0.15	0	0	0
8	0.15	0	0.6	0
9	0.15	0	0.4	0
10	0.85	0.25	0	0.25
11	0.85	0.25	0.6	0.25
12	0.85	0.25	0.4	0.25
13	0.85	0.65	0	0
14	0.85	0.65	0.6	0.6
15	0.85	0.65	0.4	0.4
16	0.85	0	0	0
17	0.85	0	0.6	0
18	0.85	0	0.4	0
19	0	0.25	0	0
20	0	0.25	0.6	0
21	0	0.25	0.4	0
22	0	0.65	0	0
23	0	0.65	0.6	0
24	0	0.65	0.4	0
25	0	0	0	0
26	0	0	0.6	0
27	0	0	0.4	0

3. 結論

本研究提出了一個較有彈性的隨意式網路的管理者選派機制, 除了以備援管理者來預防管理者的突然失效問題外, 更利用專家所訂的模糊法則來共同決定何時要替換管理者及備援管理者或只更新備援管理者。另外, 我們也

提出了一個較合理的管理者能力衡量指標，個別將剩餘電力百分比、CPU 忙碌程度及剩餘頻寬的能力指標獨立開來，然後以三種能力的最低隸屬程度來共同考量，如此可以適切的反應出某一重要能力的不足所帶來的影響，因此，更能適切的表達一個好的管理者所應具備的能力指標。

在未來的研究中，我們將利用模擬的方式來探討不同環境下，各個隸屬函數所造成的影響，並將此機制和過去所提出的方法作實證上的比較。另外，我們也將進一步的探討，當行動主機的地理位置和速度也納入考量時，管理者的選派與群聚的解構機制。

參考文獻

- [1] A.B. McDonald and T.F. Znati (1999), "A mobility-based framework for adaptive clustering in wireless ad hoc networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp.1466–1487.
- [2] Chatterjee, M., Das, S., and Turgut, D "WCA: a weighted clustering algorithm for mobile ad hoc networks," Journal of Cluster Computing (Special Issue on Mobile Ad hoc Networks), 5, 2002, pp. 193-204.
- [3] C. Perkins, ed. (2001), "Ad hoc networking," Addison- Wesley.
- [4] I.I. Er, W.K.G. Seah, Mobility-based multi-hop clustering algorithm for mobile ad hoc networks, in: Journal of Computer and System Sciences, 72 (2006) 1144–1155.
- [5] Qilian Liang, "Clusterhead Election for Mobile Ad Hoc Wireless Network," The 14th IEEE 2003 International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication Proceedings, Vol.2, pp.1623 - 1628.
- [6] S. Weber and L. Cheng (2004), "A weighted clustering algorithm for mobile ad hoc networks," in Communications Magazine, IEEE.
- [7] Y. C. Tseng, S. Y. Ni, and E. Y. Shih, "Adaptive approaches to relieving broadcast storms in a wireless multi-hop mobile ad hoc network," in Computers, IEEE Transactions on, Vol.52, Issue: 5, May 2003.
- [8] 潘信宏(2006)，隨意式網路中管理者選派及綜合分群機制之建立，碩士論文，朝陽科技大學，臺中。
- [9] 周雨韻(2005)，以電力能源為基礎的蜂巢式階層管理，碩士論文，朝陽科技大學，臺中。