

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

在行動隨意網路中應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-216-043-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：中華大學資訊管理學系

計畫主持人：李之中

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：許峻維
碩士班研究生-兼任助理人員：林昇岳
碩士班研究生-兼任助理人員：鄭學俊

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 年 10 月 15 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

在行動隨意網路中應用節點群集且具有能源效率的合作暫存
方法

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2221-E-216-043-

執行期間：97年8月1日至98年7月1日

計畫主持人：中華大學資訊管理系助理教授李之中

共同主持人：

計畫參與人員：許峻維、鄭學俊、林昇岳

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：

中華民國九十八年十月十四日

一、摘要報告內容

1. 中文摘要

在行動隨意網路(Mobile ad hoc network, MANETs)中，行動節點將擷取過的資料暫存於行動節點上的暫存記憶體中，以減短行動節點擷取所需資料的資料存取時間。但是，行動節點的暫存記憶體空間有限，難以將所有擷取過的資料都暫存於行動節點上的暫存記憶體中。因此，學界提出使用合作暫存(Cooperative caching)來克服此一困難。本計畫在合作暫存的策略上同時考慮行動節點擷取所需資料的存取效能與能源效率，而提出一個應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法。本論文首先使用行動節點的存取樣型的相似度與一次跳躍能夠傳送資料的最大距離將行動節點區分為若干個合作暫存群組，設計一個考慮節點剩餘能源多寡、暫存空間大小與暫存資料活躍程度的具有能源效率的合作暫存方法。模擬實驗以我們所提出的方法 ECC 方法與現存的兩個合作暫存方法 Energy 方法與 SAF 方法進行比較。結果顯示，本論文所提出的合作暫存方法在行動節點一次跳躍範圍稍大時與網路中節點存取樣型種類較少時，其暫存資料命中率與節點能源消耗都優於 Energy 方法與 SAF 方法。

關鍵詞：隨意網路、合作暫存、合作暫存群組、能源效率。

2. 英文摘要

In mobile ad hoc networks (MANETs), a mobile node caches its accessed data on its cache to reduce the access time of next queries. However, the mobile node is hard to cache all its accessed data due to the limitation of its cache size. Researchers, therefore, proposed a method which uses multiple mobile nodes to cache their accessed data, that is, cooperative caching, to solve the problem. In this project, we consider both the similarity of access pattern and the distance of one hop among nodes to divide nodes into several groups. In a group, we further consider (1) the energy of the node, (2) the available cache space of the node, and (3) the activation degree of cached data to develop our energy-efficient cooperative caching method. We compare our proposed method, ECC, with other two methods, Energy and SAF, in term of cache hit rate and energy consumption. The simulation results show that ECC excels Energy and SAF in cache hit rate and energy consumption.

Keywords: MANET, cooperative caching, energy efficient.

二、報告內容

1. 前言

隨著科技的蓬勃發展，行動計算(Mobile computing)技術日漸成熟，無線網路以應時代的進步將是未來的趨勢，這樣的演進與發展，使得愈來愈多學者與業者投入無線網路相關領域的研究。而在無線網路中，相對於無線網路中的蜂巢式網路或是無線區域網路需要基地台或是存取接點(Access points)等固定基礎設施，無線網路中的行動隨意網路(Mobile ad hoc network, MANETs)由於無需任何的無線網路基礎設施，因此行動隨意網路成為克服不易建立網路基礎設施應用(例如，軍事行動、緊急救援、災難救助等)所使用的基礎網路架構[7]。

在行動隨意網路中，為了減少行動隨意網路中行動節點擷取資料的反應時間，行動節點將查詢所需的資料暫存於行動節點的暫存記憶體中，以減短行動節點執行查詢的反應時間。但是，每個行動節點的暫存記憶體空間有限，難以將所需要的資料都暫存於行動節點本身的暫存記憶體中。為克服此一困難，行動節點可將查詢需要但是無法暫存於行動節點區域暫存記憶體的資料暫存於鄰近行動節點的暫存記憶體中。我們稱暫存於其他行動節點所需資料的暫存記憶體為合作暫存記憶體。任一行動節點將所需資料儲存於其它行動節點中的合作暫存記憶體稱為合作暫存(Cooperative caching)[2][4][5][13]。

然而根據我們能力範圍內的調查，在行動隨意網路中有關節點合作暫存的研究[2][4][5][13]中，多數學者多將研究目的放於減少節點擷取所需資料項的反應時間或是增加暫存記憶體的命中率的前提下，對合作暫存方法中的相關議題進行探討。不同於其他學者的研究，我們將研究重點放於如何找出適當的合作暫存群組及能源效益，提出以節點相對位置、存取樣型的合作暫存群組分群方法並結合能源效率的資料合作暫存方法。

2. 文獻探討

為了在 MANET 中有效的散佈資料，我們考慮使用資料複本(Data replica)或資料暫存(Data caching)的方法進行資料散佈，讓節點能夠就近取得所需的資料，減少資料的存取時間。學者 Hara 針對在 MANET 中使用資料複本進行資料散佈以增加資料可擷取性[8][9]。在[8]中，Hara 提出 Static Access Frequency(SAF)方法。Static Access Frequency 方法只考慮行動節點自己對於資料項需求，行動節點只暫存於暫存記憶體內可以暫存最大值的前 n 個需求機率高的資料項。在[5]中，Joshi 提出了 Cluster Cooperative(CC)方法進行合作暫存。Cluster Cooperative 方法將整個 MANET 所覆蓋的地理區域，劃分成多個大小相等的正方形，這些正方形被稱為 cluster。在同一個 cluster 中的節點，共同合作暫存所需的資料項。但是，在[5]中，作者並未說明 Cluster Cooperative 方法的 cluster 實際上是如何進行劃分的。在[13]中，學者 Cao 提出了兩個方法— CacheData(暫存資料)與 CachePath(暫存資料所在的路徑)，來進行 MANET 中的合作暫存。在[2]中，學者 Leong 提出了一個群組基礎合作暫存方法(Group-based cooperative caching scheme)，這個方法被稱為 GroCoCa。GroCoCa 根據各節點的存取樣型與移動樣型使用遞增分群演算法(Incremental clustering algorithm)對節點進行分群。實驗結果顯示，GroCoCa 相對於 CoCa[1]在存取時間與暫存資料命中率上都有較優的效能。但是，GroCoCa 需要消耗較多的能源。台灣科技大學的呂永和教授則提出一個節省能源的合作暫存方法[11]，其基本想法為均勻使用每個節點的能源，能量多的節點服務較多鄰近節點的合作暫存要求，能量少的節點負責工作量少一點服務較少的鄰近節點合作暫存要求。在這個方法中，暫存記憶體空間區分為區域暫存記憶體與合作暫存記憶體，其空間比例依剩餘能源分配，區域暫存記憶體空間只暫存行動節點需求機率最高的前 n 個資料項，合作暫存記憶體空間暫存的資料項不與區域暫存記憶體空間內的資料項重覆，並每隔一段時間行動節點與周遭的行動節點溝通，對行動節點間重

覆的資料項做分配與取代的工作，讓行動節點與周遭行動節點的合作暫存記憶體空間中的資料項儘量不重覆，使得 MANET 能夠運作較長的時間，這個研究以 MANET 中行動節點的存活時間作為效能指標。

3. 應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法

在本節中，將介紹我們改良的合作暫存方法，稱之為「應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法(Energy-efficient Cooperative Caching Based on Clustering)」。我們所提出的方法，其運作可以分為二個階段。第一個階段為以節點群集方式進行節點配置，我們根據行動節點的存取樣型與地理位置，將行動節點區分成若干合作暫存群組。第二個階段是根據第一階段所配置的合作暫存群組進行具有能源效率的合作暫存。以下我們將詳述此二階段的進行方式。

3.1 節點群集

在本節中我們將分成群集條件與群集方法來說明我們如何進行節點群集。

3.1.1 群集條件

在過去行動隨意網路的合作資料暫存研究中，學者並未針對如何進行節點群集進行深入的探討。我們認為考慮行動節點間是否進行合作暫存，不僅應考慮節點間的相對位置(一次跳躍的距離)，還應該考慮節點的存取樣型相似度。我們希望分出的合作暫存群組滿足兩個條件：

1. 合作暫存群組內行動節點的存取樣型是相似的。
2. 合作暫存群組內任兩個行動節點均可透過一次跳躍進行通訊。

針對第一個條件，我們假設在行動隨意網路中有一個編號為 i 的行動節點，我們稱之為行動節點 i ，並以符號 N_i 表示。假設網路中一共有 l 個資料項可被查詢，其各資料項編號依序為 $1, 2, \dots, l$ ，我們以 d_n 表示編號為 n 的資料項， $n = 1, 2, \dots, l$ 。則網路上任一節點 N_i 擷取資料項 d_n 的機率以符號 $p_{n,i}$ 表示，因此行動節點 N_i 的存取樣型，可以向量 AP_i 表示為

$$AP_i = \langle p_{1,i}, p_{2,i}, \dots, p_{l,i} \rangle。$$

同樣的，行動隨意網路中另一個行動節點 N_j ，其存取樣型同樣可以使用向量 AP_j 表示為

$$AP_j = \langle p_{1,j}, p_{2,j}, \dots, p_{l,j} \rangle。$$

而存取樣型 AP_i 與存取樣型 AP_j 的相似度則使用餘弦相似度(cosine similarity)[12]來衡量，其定義如下：

$$sim(AP_i, AP_j) = \frac{AP_i \cdot AP_j}{|AP_i||AP_j|} = \frac{\sum_{n=1}^l p_{n,i} \times p_{n,j}}{\sqrt{\sum_{n=1}^l p_{n,i}^2} \times \sqrt{\sum_{n=1}^l p_{n,j}^2}}$$

餘弦相似度以兩個同維度向量的角度差異來度量該向量間的距離，所得數據介於 0 與 1 之間，當兩向量角度越相近時，所求出的餘弦距離越接近 1；反之，則越接近 0。為了便於決定存取樣型 AP_i 與 AP_j 是否相似，我們令 δ 表示一個介於 0 與 1 之間的常數，表示任兩個節點存取樣型的相似程度界限值，若任兩個存取樣型 AP_i 與存取樣型 AP_j 的相似度 $sim(AP_i, AP_j)$ 在使條件式

$$sim(AP_i, AP_j) \geq \delta$$

為真時，我們說存取樣型 AP_i 與存取樣型 AP_j 是相似的。

針對第二個條件，我們同時使用 GPS 定位每個行動節點的位置，節點 N_i 的位置座標我們使用符號 $\langle x_i, y_i \rangle$ 表示。因此，節點 N_i 與節點 N_j 的一次跳躍的通信範圍條件可使用下列式子表示：

$$\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \leq r$$

其中 $\langle x_i, y_i \rangle$ 為節點 i 的位置座標， $\langle x_j, y_j \rangle$ 為節點 j 的位置座標， r 為任兩節點可以使用一次跳躍進行通訊的最大距離。

因此，在本論文中，同一合作暫存群組的任兩節點 N_i 與 N_j 均須使得下列兩項條件式為真：

- 1 $sim(AP_i, AP_j) \geq \delta$ 。
- 2 $\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \leq r$ 。

3.1.2 群集方法

在說明完區分合作暫存群組的條件之後，接著將說明我們所使用的群集方法。我們首先將行動隨意網路表示成一個帶有權重的圖(Weighted Graph)－網路(Network)，稱之為 G 。令 $G = \langle N, E \rangle$ ，其中 N 為網路中的頂點的集合，我們用以表示行動隨意網路中的節點， E 為網路中的權重邊(Weighted Edge)的集合，我們用以表示行動隨意網路中的節點配對關係，每個權重邊上帶有兩個權重分別權重邊上兩頂點的存取樣型相似度與兩頂點之間的距離。接著將節點群集進行的步驟依照前段所述的兩階段分別逐一進行描述，其步驟分列如下：

1. 將行動隨意網路表示成網路，將行動隨意網路中的所有節點都加入至網路 G 中的頂點集合 N 中，接著將行動隨意網路任兩節點進行配對，成為網路 G 的一個邊，並計算此兩節點之間的存取樣型相似度與兩節點之間的距離而成為網路 G 的權重邊，並將這些邊放入權重邊集合 E 中。
2. 剔除網路 G 中權重邊集合 E 存取樣型相似度小於 δ 或尤拉距離大於 r 的權重邊。
3. 產生一個新的網路 G' ，令 $G' = \langle N', E' \rangle$ ，其中節點集合 N' 等於網路 G 中的頂點集合 N ，而權重邊集合 E' 令其為空集合。
4. 自網路 G 的權重邊集合 E 中選出尤拉距離最小的權重邊，令其為 e ，並將此權重邊 e 自權重邊集合 E 中移除。
 - 4.a 若權重邊 e 的兩頂點均未與網路 G' 中的其它權重邊相連接，則將權重邊 e 加入至權重邊集合 E' ，並進行步驟 5。
 - 4.b 若權重邊 e 的兩頂點與網路 G' 中任一權重邊相連接，則檢查此兩節點以及這些權重邊的頂點是否都互相連接，若是，則將權重邊 e 加入至權重邊集合 E' ，並進行步驟 5。
5. 重複執行步驟 4，直到網路 G 中權重邊集合 E 為空集合為止。
6. 自網路 G' 中找出最大的 Clique 並移除，此 Clique 中的頂點即為一個合作暫存群組。
7. 重複步驟 6，直到 G' 為空集合。

3.2 考量能源效率的合作暫存方法

為了讓行動隨意網路能夠運作較長的時間，提供行動隨意網路較好的服務品質，我們在進行合作暫存時需要一個具有能源效率的方法，以減少節點擷取資料時的能源消耗。

3.2.1 領導節點

在本論文中，每個資料暫存群組都有一個領導節點(Leader)，領導節點負責資料暫存群組中大部分的運算、記錄與暫存許可控制，同時還需廣播暫存許可控制資訊至群組內的所有節點。因此，領導節點相較於其他節點將會消耗較多的能源，為了避免領導節點能源迅速耗盡，在合作暫存過程中，每經過 L 秒，現任領導節點會搜尋目前群組內能源最高的行動節點擔任下一任的領導節點。

領導節點每隔 L 秒會發出廣播訊息給群組內的所有行動節點以控管合作暫存群組。當合作暫存群組內的行動節點收到廣播訊息時會回傳目前的位置、電力給領導節點，領導節點會計算所有回傳的任兩個行動節點間的距離，將資料暫存許可控制資訊更新為目前合作暫存群組內的行動節點擁有暫存資料的狀態後，發給合作暫存群組內所有的行動節點。當行動節點在 L 秒時離開原本的合作暫存群組時，行動節點會廣播向one hop內的鄰近合作暫存群組的領導節點詢問是否加入該合作暫存群組，決定此節點應加入哪個合作暫存群組，或是自己獨立為一合作暫存群組。

3.2.2 資料暫存許可控制

暫存資料許可控制(Cache admission control)主要是用來決定對於剛自資料來源取得的資料項、向合作暫存群組內的行動節點或是一次跳躍距離內的其他行動節點要求並取得的資料項是否要進行資料暫存。在合作暫存方法中，資料暫存可以分為區域暫存與合作暫存。區域暫存是節點將自己需求機率較高的資料暫存於自己的區域暫存記憶體中。而合作暫存則是將節點需要但是需求機率較低的資料暫存於群組內節點的合作暫存記憶體中。

3.2.2.1 區域暫存

針對區域暫存，我們的想法是節點應該區域暫存最常為節點查詢的資料項，如果節點不暫存高活動性資料(需求機率高者)的資料項，此節點將可能需要經常向其他節點拿取資料項，這不但會使得節點本身耗費能源在要求此一資料項，也可能造成其它節點耗費能源在回應此節點的要求。因此我們認為節點應該區域暫存對節點本身而言需求機率較高的資料項。因此，對區域暫存記憶體大小為 SLC 的節點 N_i ，其區域暫存的資料項為將節點 N_i 對所有資料項的存取機率由大到小排列後，排序前 SLC 大的資料項即為節點 N_i 區域暫存的高活動性資料項。然而，當節點 N_i 的區域暫存記憶體仍有空間時，無論此資料項是否為存取機率為前 SLC 大的資料項，節點 N_i 都會區域暫存此一資料項。

當節點 N_i 需要區域暫存資料項，但自身區域暫存空間都放滿資料時，此時節點 N_i 將此資料項的存取機率與區域暫存資料中最小存取機率的資料項比較，若資料項的存取機率比區域暫存資料中最小存取機率的資料項高時，將此資料項替換該存取機率最小的資料項，反之，則不暫存此資料項。

當節點區域暫存資料項時，會傳訊息給領導節點，領導節點會代節點廣播資料暫存許可控制資訊給群組內的所有行動節點，讓合作暫存群組內的所有節點知道資料在群組內的分佈情形，作為資料暫存的依據。

3.2.2.2 合作暫存

當節點 N_i 決定不區域暫存自資料來源取得的資料項 e 時。此時表示資料項 e 對節點 N_i 而言並非高活動性資料，此時節點 N_i 將是否要合作暫存與如何合作暫存資料項 e 交由領導節點決定。對於合作暫存的進行方式。我們的想法是資料項應該合作暫存於剩餘能源、

剩餘暫存空間與對此資料項需求機率綜合較高的節點。因此領導節點根據能源、暫存空間與需求機率的資訊，使用下列數學式所計算的值來判斷資料項 e 應該合作暫存於哪一個節點：

$$val_i = \frac{R_{cc,i}}{J_{cc}} \times \frac{E_i}{E} \times \frac{p_{e,i}}{\bar{p}_e}$$

其中 J_{cc} 為行動節點初始的合作暫存記憶體空間大小， $R_{cc,i}$ 為行動節點 N_i 目前尚未被使用的合作暫存記憶體空間， E 為行動節點能源的初始值， E_i 為行動節點 N_i 目前剩餘的能源值， \bar{p}_e 為群組內所有節點對於此資料項存取機率的平均值。在我們的方法中資料項 e 將由群組內 val_i 值最大的行動節點進行合作暫存。若群組內所有行動節點的合作暫存空間都放滿資料項時，我們將使用暫存資料置換策略處理資料項 e 。

我們的置換策略為當資料項 e 需要被合作暫存，但合作暫存群組內的合作暫存空間都放滿資料項時。我們以 \bar{p}_e 表示資料項 e 在群組內所有行動節點存取機率的平均值。同樣的，目前在群組內的合作暫存記憶體中的任一合作暫存資料項也可求得該資料項在群組內所有行動節點存取機率的平均值，令群組內合作資料項的存取機率平均值最小的資料項為 k 。當 $\bar{p}_e < \bar{p}_k$ 時，表示合作暫存群組內對於資料項 e 的平均需求小於任何一個已暫存在群組內行動節點中的資料項，故不暫存資料項 e 。反之，則暫存資料項 e 。

無論領導節點決定資料項該合作暫存或是不合作暫存，領導節點都會產生資料暫存許可控制資訊，並立即將資料暫存許可控制資訊發給合作暫存群組內的所有行動節點，讓合作暫存群組內的所有節點知道資料在群組內的分佈情形，作為資料暫存的依據。

4. 實驗設計與分析

在本節中，我們將使用系統模擬的方式針對我們所提出的方法進行效益評估。首先將介紹實驗的模擬環境，接著說明實驗中所使用的各項參數，最後是實驗模擬的數據分析。我們以資料存取時間、暫存資料命中率、未暫存資料命中率、節點消耗的能源與網路的存活時間為效能評估的指標。其中網路的存活時間，使用[3]定義為行動隨意網路中第一個行動節點將能源耗盡時的時間。

表 1 模擬參數設定

說明	預設值	範圍
行動節點總數量	199	99-499
資料來源總數量	1	-
資料傳輸速度	2 M/s	-
一次跳躍通信距離	250 m	150-350
資料項大小	2 Kbytes	-
暫存記憶體空間大小	20 data items	10-50
資料項總數量	100 data items	50-250
Zipf-like theta (θ)	0, 0.5, 1	-
行動隨意網路範圍	1200 m × 800 m	-
路由協定	MFR	-
行動節點移動速度	1~5 m/s	-
行動節點移動方向	0°~360°	-
行動節點的能源	5 焦耳	-
查詢請求間隔時間	1 s	-

4.1 實驗設計與變數

在本節中，將針對我們的應用節點群集且具有能源效益的合作暫存方法(為了便於本論文的敘述，簡稱此方法為 ECC)、Hara 的 SAF 方法[8]與台科大呂永和老師研究團隊所提出的「隨意網路中節省能源的協同資料快取方法」(為了便於本論文的敘述，簡稱此方法為 Energy)[11]等三種方法進行實驗，以做效能評估與分析。這些實驗的系統模擬程式在 Windows XP 工作平台上，使用 C 語言進行開發。實驗中所使用的模擬參數設定如表 1 所示。在本實驗中，路由協定使用 MFR[10]。每個行動節點都 Random Walk[6]的方式移動，而所有行動節點對於資料項 e 的需求機率服從 Zipf-like 分佈，而 θ 為 Zipf-like 分佈的參數，用來表示資料項需求機率的分配偏斜程度。

4.2 效能分析

我們根據表 1 中的參數設定，進行兩個實驗，分別為一次跳躍最大通信距離對效能的影響與存取樣型種類對效能的影響。

4.2.1 一次跳躍最大通信距離對效能的影響

在本實驗中，將針對行動節點一次跳躍最大通信距離的大小對本論文所提出 ECC 方法與 SAF 方法、Energy 方法在行動節點一次跳躍最大通信距離為 150、200、250、300、350 的條件下進行實驗。實驗結果如圖 1 至圖 2。

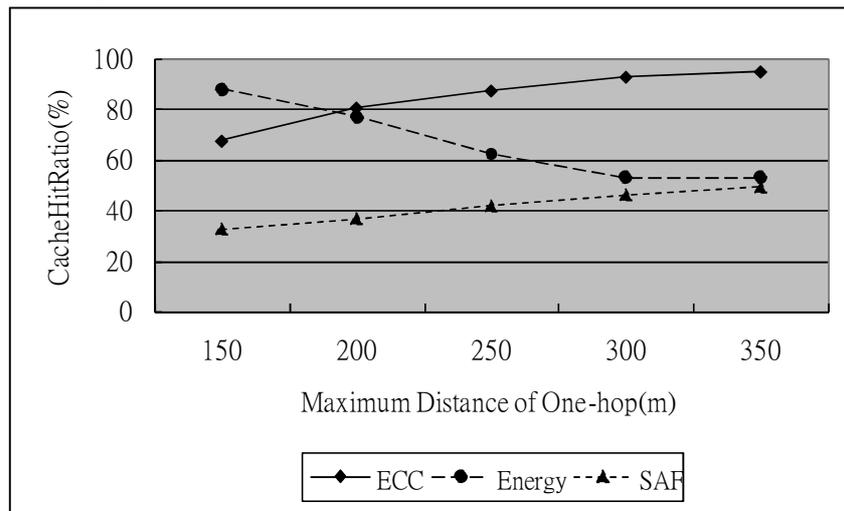


圖 1 一次跳躍最大通信距離對資料暫存命中率的影響

圖 1 是行動節點在不同的一次跳躍最大通信距離的條件下，行動節點中暫存資料命中率的變化情形。其中 X 軸為一次跳躍最大通信距離，Y 軸則為行動節點資料暫存命中率。在圖 1 中我們可以觀察到除了一次跳躍最大通信距離為 150 外，ECC 方法的資料暫存命中率最高、其次為 Energy 方法、SAF 命中率最低。其原因為儘管 ECC 的區域暫存命中率为最低，但是 ECC 的合作暫存方法效果最好，因此 ECC 的合作暫存命中率最高，當同時考量區域暫存資料命中率與合作暫存資料命中率的共同影響(暫存資料命中率)時，ECC 方法的資料暫存命中率最高、其次為 Energy 方法、SAF 命中率最低。而隨著一次跳躍最大通信距離由小到大的變化過程中，ECC 與 SAF 的暫存資料命中率亦隨著一次跳躍最大通信距離由小到大變化，而 Energy 則是由大到小變化，其主要原因為 Energy 的區域暫存命中率變化不大，而合作暫存命中率則是隨著一次跳躍最大通信距離由大到小變化，因此 Energy 的暫存資料命中率亦隨著一次跳躍最大通信距離大到小變化。而當一次跳躍最大通信距離為

150 時，由於 ECC 的合作暫存命中率低於 Energy，因此在區域暫存命中率變動不大的情況下，Energy 的暫存命中率較 ECC 好。

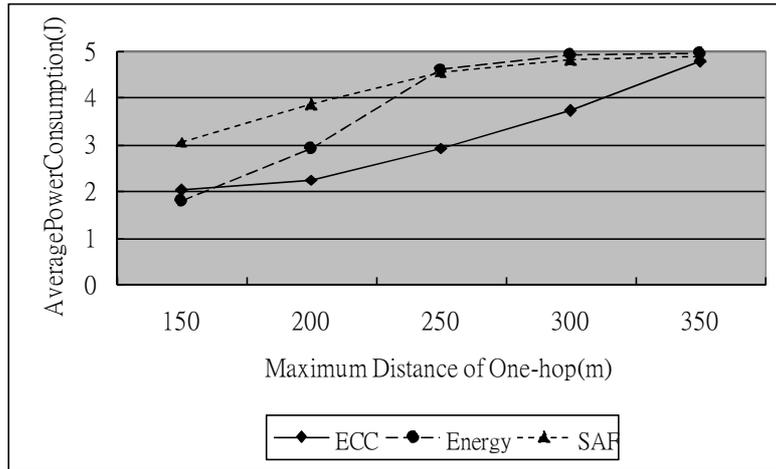


圖 2 一次跳躍最大通信距離對節點平均能源消耗影響

圖 2 是在不同的一次跳躍最大通信距離中行動節點平均消耗能源的變化圖。其中 X 軸為暫存記憶體大小，Y 軸為行動節點的平均消耗能源。在圖 3 中，我們觀察到在一次跳躍最大通信距離的變化過程中，除了一次跳躍最大通信距離為 150 的情形下，ECC 的平均消耗能源都較 Energy 與 SAF 來的少，其原因為 ECC 的資料來源需求率最低，因此 ECC 的平均消耗能源較少。而一次跳躍最大通信距離為 150 時，由於 Energy 的暫存命中率與像資料來源擷取資料項的比例在效能上較 ECC 好，因此 Energy 的節點平均消耗能源影響亦會比 ECC 小。

4.2.2 存取樣型種類對效能的影響

傳統的 Zipf-like 分配雖然能夠表示節點存取型樣的偏斜情形，但是卻無法表示偏斜資料峰值的位置，為了便於本實驗的進行，我們新增一個 Zipf-like 分配中的參數 pl 表示 Zipf-like 分佈峰值所在的位置。其中新增的參數為 pl 表示 Zipf-like 分佈峰值所在的位置。在實驗中，存取樣型的種類是依 Zipf-like 分佈的峰值 pl 所在的位置個數進行區分。以本實驗為例，實驗中資料項的個數為 100，因此存取樣型種類為 5 時，表示實驗中節點存取樣型在本實驗中 Zipf-like 分佈的峰值分別為 1、21、41、61、81 等。

在本實驗中，將在存取樣型種類為 2、5、10、25、50、100 以及 θ 為 1、 δ 為 0.8 的條件下，對 ECC 方法、SAF 方法、Energy 方法針對暫存資料命中率、資料存取時間、節點能源消耗進行實驗。實驗結果如圖 3 至圖 4。

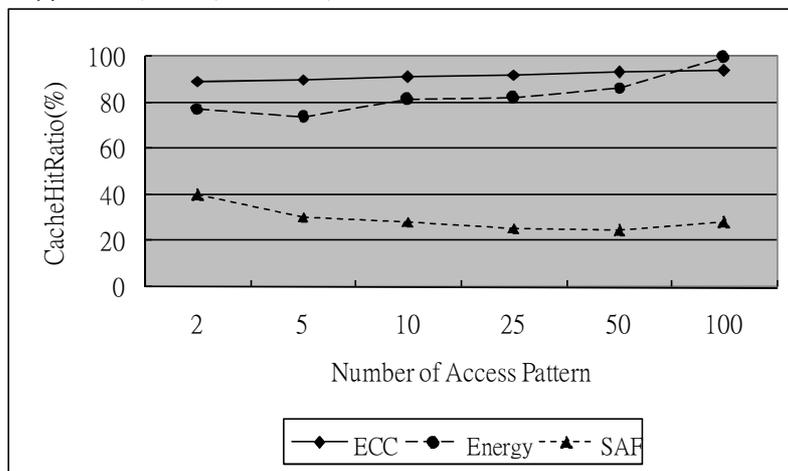


圖 3 存取樣型種類對暫存命中率的影響

首先，我們先來透過圖 3 觀察行動任意網路中，行動節點在網路中存取樣型分為 2、5、10、25、50、100 等種類的存取樣型下，暫存資料命中率的變化情形。其中 X 軸為存取樣型種類，Y 軸則分別為為行動節點執行查詢的暫存資料命中率。在圖 3 中我們可以觀察到在存取樣型種類為 2 到 50 種時，ECC 方法的資料暫存命中率最高、其次為 Energy 方法、SAF 命中率最低。存取樣型種類為 100 種時，Energy 方法的資料暫存命中率最高、其次為 ECC 方法、SAF 方法命中率最低。而隨著存取樣型種類由小到大的變化過程中，Energy 方法的暫存資料命中率亦隨著種類的增加緩慢上升、SAF 方法的暫存資料命中率則隨著存取樣型種類增加緩慢遞減，ECC 方法的暫存資料命中率對存取樣型種類而言並不敏感。相對而言，此三種方法針對存取樣型種類的變化，對其區域暫存命中率變化並不敏感，因此資料暫存命中率的變化，主要是受到合作暫存命中率的影響。而形成圖 3 的結果。

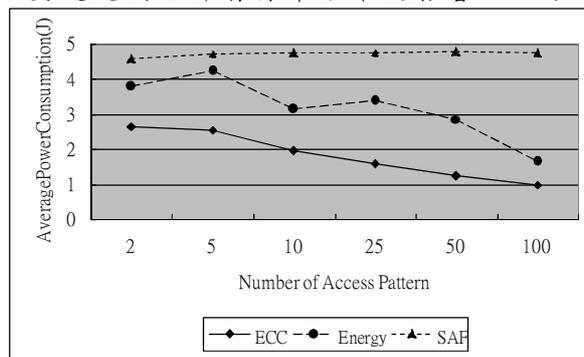


圖 4 存取樣型種類對節點平均消耗能源的影響

圖 4 是在不同的存取樣型種類中行動節點平均消耗能源的變化圖。其中 X 軸為存取樣型種類，Y 軸為行動節點的平均消耗能源。在圖 4 中，我們觀察到在存取樣型種類的變化過程中，ECC 方法的平均消耗能源較少、其次為 Energy 方法、SAF 方法的平均消耗能源最多。而隨著存取樣型種類由少至多的變化過程中，ECC 方法與 Energy 方法的平均消耗能源會隨著下降，其原因為 ECC 方法的區域暫存命中率隨著存取樣型種類由小到大變化而上升、Energy 方法的合作暫存命中率隨著存取樣型種類由小到大變化而上升，因此，ECC 方法與 Energy 方法的平均消耗能源會隨著存取樣型種類由小到大變化而下降。

5. 結論

在行動隨意網路中有關節點合作暫存的研究中，多數學者多將研究目的放於減少節點擷取所需資料項的反應時間或是增加暫存記憶體命中率的的前提下，對合作暫存方法中的相關議題進行探討。不同於其他學者的研究，我們將研究重點放於如何找出適當的合作暫存群組及能源效益，提出以節點相對位置、存取樣型的合作暫存群組分群方法並結合能源效率的資料合作暫存方法。我們所提出的這個合作暫存方法可以分為二個階段。第一個階段為根據行動節點的存取樣型與地理位置，為行動隨意網路找出適當的合作暫存群組。第二個階段是根據第一階段所分出的合作暫存群組進行具有能源效率的合作資料暫存。而實驗則以我們所提出的 ECC 方法與現存的兩個合作暫存方法 — Energy 方法與 SAF 方法進行比較。結果顯示，本論文所提出的合作暫存方法在行動節點一次跳躍範圍稍大(>200m)時與網路中節點存取樣型種類較少(<100)時，其暫存資料命中率與節點能源消耗都優於 Energy 方法與 SAF 方法。而 Energy 方法在行動節點一次跳躍範圍較小與網路中節點存取樣型種類較多(=100)時，其暫存資料命中率優於 ECC 方法與 SAF 方法。

致謝

本論文由國科會資助(研究計畫編號 NSC-97- 2221-E-216-043)，謹表謝忱。

參考文獻

- [1] C. Y. Chow, H. V. Leong and A. T. S. Chan, "Group-based Cooperative Cache Management for Mobile Clients in a Mobile Environment," ICPP International Conference on Parallel Processing, pp. 83-90, 2004.
- [2] C. Y. Chow, "GroCoca: Group-based Peer-to-peer Cooperative Caching in Mobile Environment," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 25, No. 1, pp. 179-191, 2007.
- [3] C. F. Chiasserini, "An energy-efficient method for nodes assignment in cluster-based Ad Hoc networks," Wireless Networks, Vol. 10, Issue 3, pp. 223-231, May 2004.
- [4] J. Cao, Y. Zhang, G. Cao and L. Xie, "Data Consistency for Cooperative Caching in Mobile Environments," IEEE Computer, Vol. 40, No. 4, pp. 60-66, 2007.
- [5] N. Chand, R. C. Joshi and M. Misra, "Cooperative Cache Strategy in Mobile Ad Hoc Networks Based on Clusters," Wireless Personal Communications, Vol. 25, No. 1, pp. 41-43, 2006.
- [6] T. Camp, J. Boleng and V. Davies, "A survey of mobility models for ad hoc network research," Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC): Special issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications, Vol. 2, No. 5, pp. 483-502, 2002.
- [7] L. D. Fife and L. Gruenwald, "Research Issues for Data Communication in Mobile Ad-hoc Network Database Systems," ACM SIGMOD Record, Vol. 32, No. 2, pp. 42-47, June 2003.
- [8] H. Hayashi, T. Hara and S. Nishio, "Updated data dissemination methods for updating old replicas in ad hoc networks," Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 9, Issue 5, pp. 273-283, 2005.
- [9] T. Hara, "Replica Allocation Methods in Ad Hoc Networks with Data Update," ACM-Kluwer Journal on Mobile Networks and Applications (MONET), Vol. 8, No. 4, pp. 343-354, 2003.
- [10] T. C. Hou and V. O. Li, "Transmission range control in multihop packet radio networks," IEEE Transactions on Communications, Vol. 34, No. 1, pp. 38-44, January, 1986.
- [11] Y. Leu and S. C. Lin, "An energy conserving cooperative caching policy for Ad Hoc Networks," Proceedings of National Computer Symposium, 2005. (In Chinese)
- [12] B. Y. Ricardo and R. N. Berthier, Modern Information Retrieval, Addison-Wesley, 1999.
- [13] L. Yin and G. Cao, "Supporting Cooperative Caching in Ad Hoc Networks," IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 5, No. 1, pp. 77-89, 2006.

三、計畫成果自評

本計畫針對行動隨意網路中上的資料管理議題進行探討，本計畫討論的方向主要為如何應用合作暫存來增加對行動隨意網路中上的資料管理的效能。所提出的合作暫存策略，同時考慮行動節點擷取所需資料的存取效能與能源效率，而提出一個應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法。我們首先使用行動節點的存取樣型的相似度與一次跳躍能夠傳送資料的最大距離將行動節點區分為若干個合作暫存群組，再設計一個考慮節點剩餘能源多寡、暫存空間大小與暫存資料活躍程度的具有能源效率的合作暫存方法。實驗結果顯示我們所提出的方法ECC 與現存的兩個合作暫存方法Energy方法與SAF 方法進行比較。結果顯示，本論文所提出的合作暫存方法在行動節點一次跳躍範圍稍大時與網路中節點存取樣型種類較少時，其暫存資料命中率與節點能源消耗都優於Energy 方法與SAF 方法。

與計劃同名的論文「在行動隨意網路中應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法」已經於2008年10月「台灣網際網路研討會(TANET 2008)」中發表。本計畫仍有其他部分成果，未於此報告中呈現，我們將會盡速整理我們的成果，期盼能於期刊中發表。

對於參與本計畫的碩士班同學，可以透過參與本計畫，了解應用科學學術研究的過程，並了解離散事件系統模擬的技巧與精進離散事件系統模擬程式的撰寫技巧。

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：98年10月15日

國科會補助計畫	計畫名稱：在行動隨意網路中應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法 計畫主持人：中華大學資訊管理系助理教授李之中 計畫編號：NSC 97-2221-E-216-043-學門領域：資訊二
技術/創作名稱	在行動隨意網路中應用節點群集且具有能源效率的合作暫存策略
發明人/創作人	李之中
技術說明	<p>中文：在行動隨意網路(Mobile ad hoc network, MANETs)中，行動節點將擷取過的資料暫存於行動節點上的暫存記憶體中，以減短行動節點擷取所需資料的資料存取時間。但是，行動節點的暫存記憶體空間有限，難以將所有擷取過的資料都暫存於行動節點上的暫存記憶體中。因此，我們使用合作暫存(Cooperative caching)來克服此一困難。本計畫在合作暫存的策略上同時考慮行動節點擷取所需資料的存取效能與能源效率，而提出一個應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法。本計畫首先使用行動節點的存取樣型的相似度與一次跳躍能夠傳送資料的最大距離將行動節點區分為若干個合作暫存群組，接著設計一個考慮節點剩餘能源多寡、暫存空間大小與暫存資料活躍程度的具有能源效率的合作暫存方法。</p> <p>英文：In mobile ad hoc networks (MANETs), a mobile node caches its accessed data on its cache to reduce the access time of next queries. However, the mobile node is hard to cache all its accessed data due to the limitation of its cache size. Researchers, therefore, proposed a method which uses multiple mobile nodes to cache their accessed data, that is, cooperative caching, to solve the problem. In this project, we consider both the similarity of access pattern and the distance of one hop among nodes to divide nodes into several groups. In a group, we further consider (1) the energy of the node, (2) the available cache space of the node, and (3) the activation degree of cached data to develop our energy-efficient cooperative caching method.</p>
可利用之產業及可開發之產品	行動通訊產業中隨意任意網路應用相關產品或系統。
技術特點	<p>在行動隨意任意網路上設計節點合作暫存策略時，同時考慮行動節點擷取所需資料的存取效能與能源效率，而提出一個應用節點群集且具有能源效率的合作暫存方法。</p> <p>使用行動節點的存取樣型的相似度與一次跳躍能夠傳送資料的最大距離將行動節點區分為若干個合作暫存群組，設計一個考慮節點</p>

	剩餘能源多寡、暫存空間大小與暫存資料活躍程度的具有能源效率的合作暫存方法。
推廣及運用的價值	可作為行動通訊產業中隨意任意網路應用相關產品或系統的參考。

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。