

基於歷史訊息之無線感測網路目標追蹤

朱鴻棋 朝陽科技大學 資訊與通訊系 hcchu@cyut.edu.tw
余宏文 朝陽科技大學 資訊與通訊系 s9630625@cyut.edu.tw
賴勇勳 朝陽科技大學 資訊與通訊系 sx0429@gmail.com
林傳筆 朝陽科技大學 資訊與通訊系 cblin@cyut.edu.tw

摘要

近來無線感測網路是一項熱門的研究，而目標追蹤是重要的應用之一。在無線感測網路的環境中，我們可以運用分散的感測節點，透過定位演算法去估算目標位置，並記錄其位置座標和時間的資訊，達到追蹤的目的。在無線感測網路的硬體限制下，我們提出一個目標追蹤系統，它能輕易達成低成本且高精確度之即時監測。在本篇研究中，我們利用目標物的歷史軌跡資訊，來預測目標物的位置，並加入資料聚集與休眠機制的概念來選擇合適的感測節點，以減少閒置節點的發生，達到節能和追蹤品質之間的平衡，讓能源更有效率的被使用。模擬結果顯示我們所提出的方法具有即時監測、精確定位與節省能源之優點。

關鍵詞：無線感測網路、目標追蹤、定位、預測。

1. 前言

無所不在的網路概念正逐漸改變我們的環境與生活機制，由於微型製造、嵌入式系統和通訊理論的蓬勃發展，增加各個行業對自動化、智慧化、即時與無線感測的需求，促使各研究單位對此科技研究之興趣。因此開發出體積小、低消耗、低成本且短距離的無線感測器，已成為目前主要的研究領域之一。其應用層面擴及軍事、環境、醫療、家庭、商業等，能提升人類生活的便利性。

無線感測網路[1, 2, 3]是一種以感測周圍環境資訊為主的通訊技術，使用者去收集感測到的相關資料來做為各種控制應用的依據，其架構可分成資料收集中心和感測節點兩部分。其中資料收集中心負責收集感測節點的資料，(又稱為基地台)。而感測節點則是依照使用者所需的資料型態去收集各種訊息。如圖 1 所示之目標偵測，運用追蹤的方式來偵測移動的目標物，讓感測節點週期性傳送目標物移動的座標回基地台，而基地台就可計算出目標物所移動的方向和距離，紀錄這些位置資訊來達

到追蹤和遠距離監控的目的。

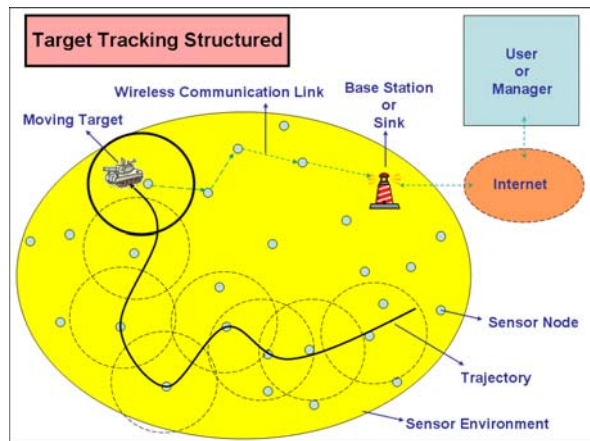


圖 1. 無線感測網路目標追蹤架構

本研究主要是以目標追蹤為主，而目標追蹤是屬於整合性的應用。在這研究議題中，我們需要考量目標偵測及節點之間的相互合作、資料聚集、即時監測及如何回報結果等。其中又以即時監測最為重要，取得這些即時資訊能提供給使用者當前最新的資訊，以做為判斷或控制的依據。例如道路指引、景點介紹、路線規劃等，讓應用更加廣泛。

在追蹤的過程中主要可分為定位、監視和預測三個階段。首先在定位階段，其目的在於顯示目標或事件發生的位置；在監視階段，主要為監視目標移動的路線；在預測階段，主要為預測目標未來可能移動的方位。然而，在目標追蹤的過程中，為了讓無線感測網路能夠針對當時目標移動的方式採用不同的監控策略，勢必要連續監控目標的移動方式，以確保當下所採用的策略是正確的。然而連續的監測目標和決定追蹤策略是相當消耗能源的。因此，在理想的目標追蹤策略裡，低監測空窗期、高精確目標追蹤以及節省能源花費為重要的考量。有鑑於此，我們可以利用感測節點去紀錄目標移動的軌跡資訊[4, 5]。因為根據研究顯示，各種目標物在移動時都有其一定模式與慣性[6]，運用這些歷史資訊，讓追蹤系統能夠適時的調整追蹤策略，讓未使用的感測節點進

入休眠模式，減少閒置節點的發生以便保存能源。另外，為了減少資訊的傳輸量，當感測節點感測到目標時，則將收集到的資訊做處理，以資料聚集的技術[7, 8]減少資訊傳輸量。因此我們所提出的目標追蹤機制，目的是在低遺失率的狀況下將目標精確的定位，並將能源有效率的使用。

本文其餘內容組織架構如下，第 2 部分為目標追蹤的相關研究。第 3 部分為目標追蹤演算法的介紹。第 4 部分為模擬與效能分析。最後，第 5 部分為結論與未來工作。

2. 相關工作

無線感測網路最常見的應用，是在監測使用者感興趣的二維或三維空間，例如森林或海底監測等[5]，而且感測區域內的目標或事件可能具有流動性，所以在目標追蹤裡，持續追蹤目標或事件發生的位置是十分重要的問題。因此我們可以將目標追蹤的研究分成定位、即時監測與節省能源這三部份。

定位是要精確的找出目標或事件發生的位置。三角定位法，是一種常見的定位方式，利用三個的感測節點位置資訊，估算出的目標位置。無線感測網路的定位研究中，可分成靜態物體定位和動態物體定位兩類。在靜態物體定位[9, 10, 11]中，物體是不會移動的。例如，感測節點以大規模且隨機的佈署在我們感興趣的區域內，然而要靠人力去將每個感測節點佈署在特定位置是不容易的。因此，利用一些搭載 GPS 或已知自身座標資訊的感測節點來當作參考節點，當感測節點佈署完成後，感測節點就會互相交換資訊以取得彼此之間的位置來完成定位。例如，APIT[12]、DV-HOP[13]。DV-HOP 是利用節點與參考點之間的跳躍數(hop count)來估算距離，參考點會計算它們與其它參考點之間的距離和平均一個跳躍數的距離，且參考點會廣播此資訊到網路中。當節點收到三個以上參考點的距離資訊時，就可估算出其位置。

另外，定位除了顯示事件發生的位置外，還有以下用途：目標追蹤和監視目標移動的路線。在動態物體定位中[14, 15, 16, 17]，這類研究是直接考慮已知的節點位置來進行移動目標的定位。目標追蹤是找出目標移動的路線和目標所在位置，利用節點不斷的傳送移動目標的座標資訊至基地台並紀錄之前的位置和改變後的位置達到追蹤的目的。

目標追蹤的另一項研究重點在於能源消

耗。感測節點主要的能源消耗是資料的傳輸與接收。我們可以歸納出三個研究方向：改善網路拓樸、休眠機制和資料聚集來達到節省電源。在改善網路拓樸研究中，我們可以將整個網路建構成邏輯樹、叢集、劃分數個區域或改變資料收集中心位置，來減少傳輸與通訊花費的成本。其中 DAB[18, 19]將無線感測網路建構成邏輯樹，每個感測節點除了儲存自己所偵測到的目標資訊外，還另外儲存子節點所偵測到的資訊，並比較子節點的資訊來判斷是否更新，來減少查詢和回報的次數。由於目標追蹤常含有大量的資料傳輸，因此將傳回的資料做的壓縮處理可以減少能源的消耗。在[20]中，為了持續對目標位置進行追蹤，以目標的所在位置當作圓心去計算一個理想的圓。當感測節點發現目標後，該節點定義為發現節點，接著以目標為圓心去計算出一個近似面積，目標在這近似面積內的監測工作就交給該發現節點執行，並且在詢問端到目的端間，找出一個中心儲存節點，以此減少詢問和資料傳送所消耗的電量。

另外，根據實驗和研究顯示，節點進入休眠狀態可以有效節省能源，在[21]中，節點傳送所消耗的電量為 15mA、接收時消耗電量為 8mA、在閒置狀態耗電量為 7mA、而節點休眠則需 1uA 的耗電量。因此，若能讓感測節點處於休眠模式，便能有效節省能源的消耗。休眠模式可分成兩種：週期休眠模式和常睡模式。根據不同的追蹤任務使用不同模式。在週期休眠模式下，節點將暫時關閉所有耗電的資料傳輸和指令發送等功能，但可透過設定來控制休眠週期，並定期醒來檢查是否有別的裝置傳送資料或指令需做處理。這模式適用於不需經常更新的追蹤任務。另一種為常睡模式，讓節點長期處於睡眠狀態，待有需求時則透過外部的輸入觸發，喚醒正在沉睡的節點來處理資料或其他工作。我們將估算一個目標活動範圍，讓活動範圍外的節點進入休眠狀態以保存能源。例如，在[22]中，當節點偵測到目標時，這些節點彼此會針對追蹤任務的需求去競爭出合適的節點成為領導節點，由於節點不可靠的關係，這領導節點將會去募集成員節點一同偵測目標，其餘節點則可以繼續休眠以保存能源。而[23]中，為了持續監測，可以運用預測路線的方式去紀錄目標移動的歷史資訊，來控制這些節點的睡眠排程。在[24]中，當有足夠的相關節點能夠估算出目標位置後，利用這些位置資訊，找出一條線性回歸的曲線，作為目

標移動的方向，並且設置一距離 d 將軌道包覆，在距離內的節點將會被喚醒並進入警戒狀態完成即時監測目的。

3. 目標追蹤演算法

本篇論文研究著重在動態定位上，以節省電源持續不間斷的監測為目的。在動態定位的研究中，為達到不間斷的監測目標，最直覺的做法是將整個網路上的節點都喚醒，則可完成即時監測的目的。然而這將造成許多節點能源的浪費，對於能源有限的感測節點來說，這並非好的做法。因此，本篇論文只在監視區域裡，選擇極少數節點來協助目標追蹤。另外，針對目標物的訊號強度來選擇主要節點，且讓其他的感測節點進入休眠模式，使其持續監測目標訊號強度、目標移動速度和紀錄歷史資訊，並選擇監視和預測節點，以完成追蹤任務。

3-1 網路環境

首先提出以下幾個假設。假設無線感測網路是佈署在 2 維空間，節點都知道自己和鄰居節點的編號、實際位置和基地台位置。這些資訊可以在無線感測網路佈建時取得。感測節點位置資訊可以透過全球衛星定位系統 GPS 或無線定位技術獲得，例如，APIT[12]、DV-HOP[13]等。感測節點能夠感測到目標物的活動，包括目標物訊號強度和目標物是否在節點的感測區域裡。目標物會週期廣播訊號強度。另外，本研究的網路環境如圖 2(a)所示，其中在感測區域的邊界為 Active mode 的感測節點，其餘的感測節點則為 Sleep mode。當有目標物進入此感測區域內時(如圖 2(b)所示)，啟動所提之目標追蹤系統，並喚醒特定的感測節點。

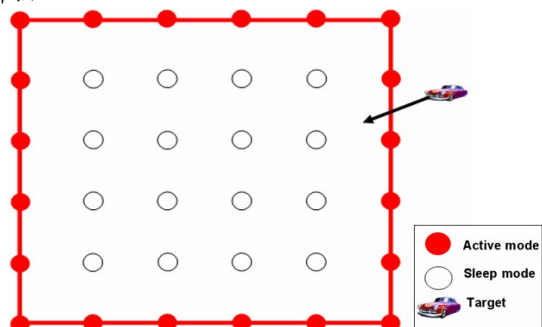


圖 2(a). 網路架構圖

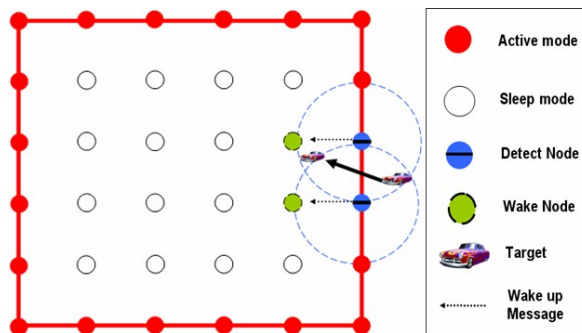


圖 2(b). 網路架構圖

3-2 系統架構

目標追蹤系統可分成三個階段，如圖 3 所示。Phase 1 發現：以競爭方式選出主要節點。Phase 2 追蹤：監視和預測目標物移動的路徑。Phase 3 重新尋找：當目標物遺失時，啟動重新尋找目標物機制。各階段的運作說明如下。

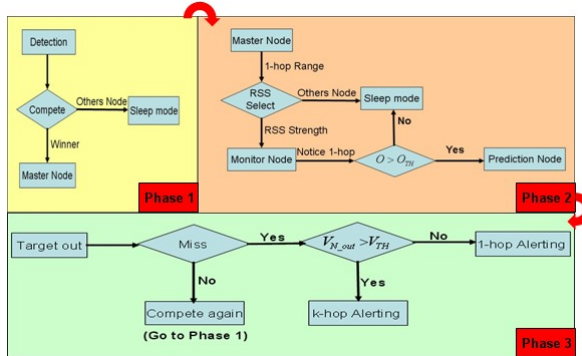


圖 3. 目標追蹤流程圖

Phase 1: 發現

在目標追蹤的過程中，使用者想知道某個特定目標物位置資訊時，當目標物進入無線感測網路區域中，節點會偵測到目標已經進入自己的感測區域內，在估算目標位置時，利用參考節點的位置資訊來計算目標位置。因此，偵測到目標的節點越多，所估算出來的目標位置就較準確。然而，喚醒太多的節點，會造成較多的能源花費及增加訊號碰撞的情形發生。因此，在本研究方法中，當一個節點偵測到目標時，它將廣播一個競爭訊息給它的鄰居節點，這個廣播的範圍為 1-hop，這個訊息將喚醒該節點的鄰居節點後，並等候一段隨機時間，在這段等候時間終止時，將決定出一個訊號強度最強的節點為主要節點，這主要節點未來將負責選擇合適的監測節點與資料聚集的工作。在任何無線傳輸系統中，訊號強度的衰減和距離的關係[25]如式(1)。路徑損失是由訊號強度隨著傳輸距離增加而衰減，在此不考慮多路衰減和遮蔽效應，只單純考慮路徑損失，則接收訊號為

$$P_r = c \frac{P_t}{d^\alpha} \quad (1)$$

其中 c 是傳送端與接收端接收有效的相關常數， P_t 是傳送訊號功率， d 是傳送端到接收端的距離， α 是無線電波衰減指數。透過訊號強度和距離的轉換，可獲得節點與目標物之間的距離。

Phase 2: 追蹤

在追蹤的過程裡，主要節點將選擇幾個監測節點來協助目標物的監視與定位。而根據三角定位法，至少需要三個感測節點才能估算出目標位置。另外，無論目標物如何移動，為了能夠確保目標物能被所啟動的感測節點所監測，主要節點將根據目標最大移動距離 D_{MAX} 去泛播警戒訊息至 k -hop，如此便能保證該目標都在追蹤系統的監視裡。為了減少閒置節點的發生，這主要節點將根據歷史資訊 O 去選擇符合的節點來做預測的工作。在 k -hop 範圍的節點，我們增加考量目標物出現的歷史資訊 O ，當該節點收集到的歷史資訊 O 大於門檻值 O_{TH} (本文設 40) 時，這節點將會被喚醒來從事預測工作，以便監視目標物，達到持續監測的目的，如圖 4 所示。

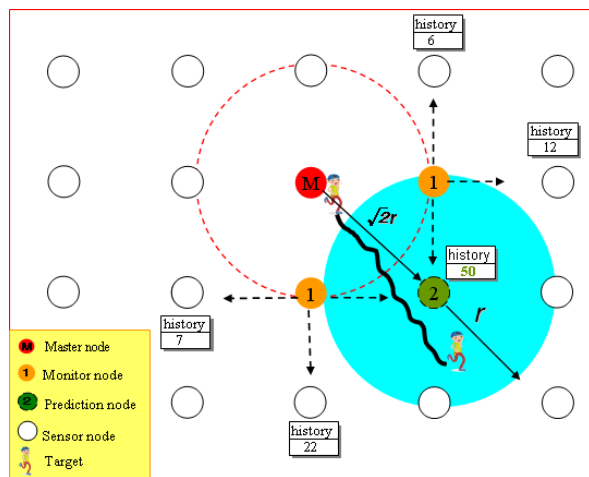


圖 4. 預測節點選擇

Phase 3: 重新尋找

當目標物移出主要節點的感測範圍時，可以分成目標物尚未遺失與目標物已遺失兩種情況。在目標物尚未遺失的情況下，只要重新競爭主要節點即可完成持續追蹤的目的。而在目標物遺失的狀況下，將根據目標移動速度設定一個門檻值 V_{TH} ，當目標物移動出主要節點感測範圍的速度 V_{N_out} 小於門檻值 V_{TH} 時，則

喚醒主要節點的 1-hop 範圍的感測節點，就能重新尋找回目標。反之，將根據目標移動最大距離 D_{MAX} 來強制喚醒 k -hop 範圍的節點，以重新尋回目標物，其中 k 以目標移動最大距離 D_{MAX} 來決定喚醒的範圍(在本文中 $k=2$)。在式(2)表示目標物隨機移動最大距離 D_{MAX} ； T_{MAX} 為隨機最大時間(本文中設為 2.8 秒)； V_{MAX} 最大隨機速度(本文設 10 公尺)。式(3)為正方形佈署的目標移動距離門檻值 D_{TH} ，當目標遺失且實際目標移動的距離大於門檻值時，我們將進入重新尋找的步驟，其中 r 為感測範圍(本文設 10 公尺)。式(4) V_{TH} 為目標物移動速度的門檻值(本文設 7.1 公尺/秒)。式(5) V_{N_out} 為計算目標物移動出主要節點的速度； D_{N_out} 為目標物移動出主要節點的距離； T_{N_out} 為目標物移動出主要節點的感測範圍所花費的時間。式(6) D_{REAL} 為現在目標可能移動的最大距離； $Estimate_{ERROR}$ 為估算位目標物位置的平均錯誤率。

$$D_{MAX} = T_{MAX} \times V_{MAX} \quad (2)$$

$$D_{TH} = r \quad (3)$$

$$V_{TH} = D_{TH} / T_{MAX} \quad (4)$$

$$V_{N_out} = D_{N_out} / T_{N_out} \quad (5)$$

$$D_{REAL} = V_{N_out} \times T_{MAX} + Estimate_{ERROR} \quad (6)$$

4. 模擬結果

本研究利用 Matlab 軟體來進行實驗模擬。模擬環境在 200 公尺×200 公尺的區域裡，佈署 400 個感測節點，並考慮規則與不規則兩種網路拓撲。在規則網路拓撲中，每個節點與鄰居節點的距離為 10 公尺，如圖 5(a)所示。而不規則網路拓撲中，將 400 個節點以隨機方式佈署在 200 公尺×200 公尺的區域中，如圖 5(b)所示。感測節點的感測半徑為 10 公尺，目標物每次移動時間為 0-2.8 秒的隨機值，移動速度為 1-10 公尺的隨機值。在圖 5 中，規則佈署和不規則佈署裡目標移動的軌跡類似，分別模擬 100 次後的平均結果。標示出目標物的實際位置與估算位置。在規則佈署中可以明顯的看出其估計位置與實際位置相當吻合，而在隨機佈署的狀況下，則容易產生較大的誤差。因為在隨機佈署裡，感測節點無法平均的分佈在區域內，所以造成有些區域有較多感測節點，而有些區域裡感測節點較少。因此，目標物在經過稀疏感測節點的區域時，準確率會下降。但由於有經過訊號強度的選擇，能夠適度降低

錯誤率。且無論規則佈署或是不規則佈署中，我們都能利用估計位置，判斷出目標移動的方向和路徑，達到追蹤的目的。

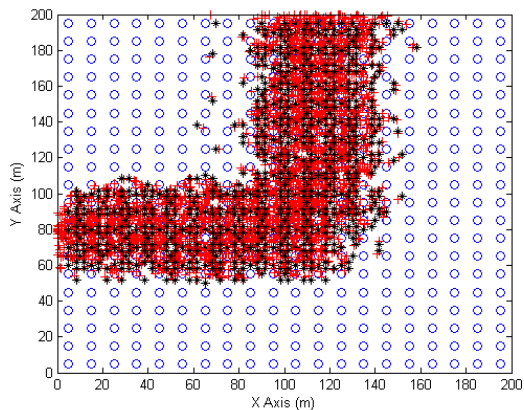


圖 5(a). 在規則佈署之實際與估計位置 (+為目標移動路徑，*為目標物估算位置)

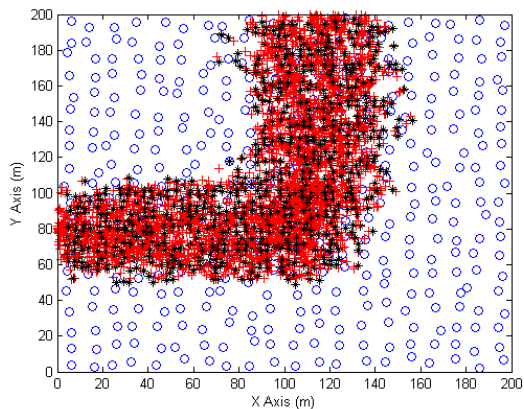


圖 5(b). 在隨機佈署之實際與估計位置 (+為目標移動路徑，*為目標物估算位置)

如圖 6 所示，在規則佈署中，模擬結果顯示目標的實際位置與估計位置間的誤差。在規則佈署中，平均誤差為 1.91 公尺，最大誤差為 2.85 公尺，標準差為 0.2 公尺。在隨機佈署中，估計出來的目標位置與實際的目標位置平均誤差為 2.54 公尺，最大誤差為 3.68 公尺，標準差為 0.27 公尺。在圖 7 中，為了增加監測節點的數目，將感測半徑分別設為 15 公尺和 20 公尺，顯示出監測節點數量和感測範圍的大小，是否會影響到目標物遺失的機率。在圖 7(a) 中，感測範圍為 15 公尺，最大目標遺失次數為 9 次，並使用 2、3 和 4 個監測節點，其目標遺失次數的標準差分別為 1.91、1.94、1.75。當目標移動回合數達到 40 以上時，感測節點收集到足夠的歷史資訊，致使目標遺失率開始降低，且使用越多的監視節點，也能大幅降低目標遺失發生的機會。在圖 7(b) 中，增加感測

範圍到 20 公尺，最大目標物遺失次數下降為 6 次，使用 2、3 和 4 個監測節點，其目標遺失次數的標準差分別為 1.41、1.17、0.82。目標物遺失的發生與目標物移動速度有關，因此選擇離目標較近的節點感測和透過歷史資訊來選擇 k -hop 預測節點，將可有效地降低目標物離開監測節點覆蓋範圍的機會，來達成目標物低遺失率的目標。

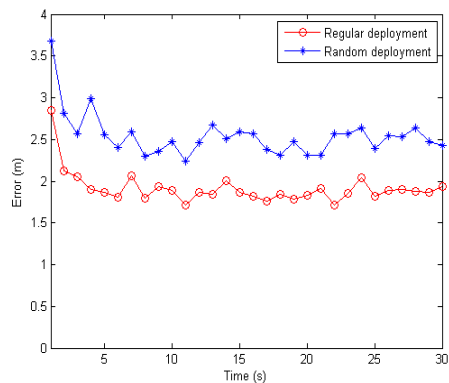


圖 6. 目標物實際位置與估算位置誤差 (規則佈署與隨機佈署)

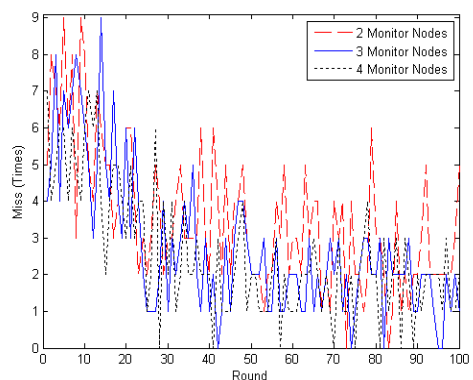


圖 7(a). 目標遺失率與監測節點數關係 (感測範圍 15m)

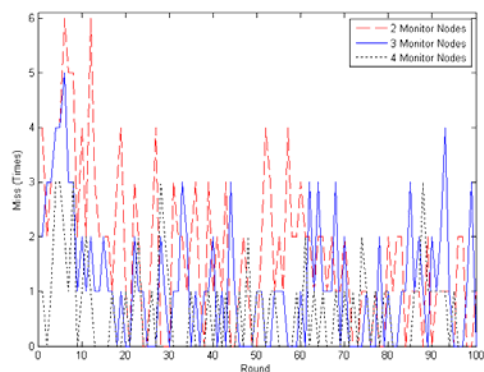


圖 7(b). 目標遺失率與監測節點數關係 (感測範圍 20m)

5. 結論與未來工作

我們所提出的目標追蹤系統，透過競爭主要節點去選擇極少量的監測節點來協助追蹤目標，並能夠精確的完成追蹤任務，以低遺失率的狀態下達到即時監測的目的，讓感測節點能夠精確估算出目標位置，達成良好的追蹤品質與節省能源的目的。

在未來工作裡，我們將更深入去探討感測節點的佈署方式，讓主要節點能更正確地選擇適當的監測節點，達到追蹤品質與能源花費的平衡，並且完成模擬能源消耗的實際情形。

參考文獻

- [1] M. Tubaishat and S. Madria, "Sensor networks: an overview," *IEEE Potentials*, vol. 22, no. 2, pp. 20-23, Apr. 2003.
- [2] C. Wang, K. Sohraby, B. Li, M. Daneshmand and Y. Hu, "A Survey of Transport Protocols for Wireless Sensor Networks," *Journal of Network*, vol. 20, no. 3, pp. 34-40, May 2006.
- [3] G. Ding, Z. Sahinoglu, P. Orlik, J. Zhang, and B. Bhargava, "Tree-Based Data Broadcast in IEEE 802.15.4 and ZigBee Networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 5, no. 11, pp. 1561-1574, Nov. 2006.
- [4] Z. Zhong, C. J. H. Cui, and A. Bagtzoglou, "Scalable Localization with Mobility Prediction for Underwater Sensor Networks," *The 27th International Conference on Computer Communications (INFOCOM)*, pp. 2198-2206, Apr. 2008.
- [5] C. C. Hung and W. C. Peng, "A Storage Management for Mining Object Moving Patterns in Object Tracking Sensor Networks," *IEEE International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology Workshops*, pp. 252-258, Dec. 2006.
- [6] W. C. Peng and M. S. Chen, "Developing Data Allocation Schemes by Incremental Mining of User Moving Patterns in a Mobile Computing System," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 15, no. 1, pp. 70-85, Jan. 2003.
- [7] Y. C. Tseng, S. P. Kuo, H. W. Lee, and C. F. Huang, "Location Tracking in a Wireless Sensor Network by Mobile Agents and Its Data Fusion Strategies," *Journal of Computer*, vol. 47, no. 4, pp. 448-460, 2004.
- [8] M. Sekine and K. Sezaki, "Hierarchical Aggregation of Distributed Data for Sensor Networks," *IEEE Region 10 Conference (TENCON 2004)*, vol. 2, pp. 545-548, Nov. 2004.
- [9] J. P. Sheu, P. C. Chen, and C. S. Hsu, "A Distributed Localization Scheme for Wireless Sensor Networks with Improved Grid-Scan and Vector-Based Refinement," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 7, no. 9, pp. 1110-1123, Sep. 2008.
- [10] B. Xiao, H. Chen, and S. Zhou, "Distributed Localization Using a Moving Beacon in Wireless Sensor Networks," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 19, no. 5, pp. 587-600, May 2008.
- [11] S. P. Kuo, H. J. Kuo, Y. C. Tseng, and Y. F. Lee, "Detecting Movement of Beacons in Location-Tracking Wireless Sensor Networks," *IEEE 66th Vehicular Technology Conference*, vol. 1, pp. 362-366, Jan. 2007.
- [12] T. He, C. Huang, B.M. Blum, J.A. Stankovic, and T. Abdelzher, "Range-Free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks," *International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 81-95, Sep. 2003.
- [13] D. Niculescu and B. Nath, "DV Based Positioning in Ad Hoc Networks," *Journal of Telecommunication Systems*, vol. 22, pp. 267-280, Jan. 2003.
- [14] S. M. Lee, H. Cha, and R. Ha, "Energy-aware location error handling for object tracking application in wireless sensor network," *Journal of Computer Communication*, vol. 30, no. 7, pp. 1443-1450, May 2007.

- [15] T. S. Chen, W. H. Liao, M. D. Huang and H. W. Tsai, "Dynamic Object Tracking in Wireless Sensor Networks," *IEEE 7th Malaysia International Conference on Communication*, vol. 1, 2005.
- [16] W. Zhang and G. Cao, "DCTC: Dynamic Convoy Tree-Based Collaboration for Target Tracking in Sensor Networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 3, pp. 1689-1701, 2004.
- [17] C. Y. Lin, W. C. Peng and Y. C. Tseng, "Efficient in-network moving object tracking in wireless sensor networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 5, pp. 1044-1056, 2006.
- [18] H. T. Kung and D. Vlah, "Efficient Location Tracking Using Sensor Networks," *IEEE Wireless on Communications and Networking Conference (WCNC)*, vol. 3, pp. 1954-1961, 2003.
- [19] C. Y. Lin, W. C. Peng and Y. C. Tseng, "Efficient in-network moving object tracking in wireless sensor networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 5, pp. 1044-1056, 2006.
- [20] J. Xu, X. Tang and W. C. Lee, "A New Storage Scheme for Approximate Location Queries in Object-Tracking Sensor Networks," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 19, no. 2, pp. 262-275, Feb. 2008.
- [21] MPR/MIR mote hardware users manual. <http://www.xbow.com>.
- [22] J. Chen, C. Zang, W. Liang, and H. Yu, "Auction-based Dynamic Coalition for Single Target Tracking in Wireless Sensor Networks," *The 6th World Congress on Intelligent Control and Automation*, vol. 1, pp. 94-98, Oct. 2006.
- [23] C. C. Hung and W. C. Peng, "A Storage Management for Mining Object Moving Patterns in Object Tracking Sensor Networks," *IEEE International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IATW)*, pp. 252-258, Dec. 2006.
- [24] R. Gupta and S. R. Das, "Tracking Moving Targets in a Smart Sensor Network," *IEEE 58th Vehicular Technology Conference*, vol. 5, pp. 3035-3039, Oct. 2003.
- [25] F. Zhao and L. J. Guibas, "Wireless Sensor Network: an Information Processing Approach," Elsevier Inc., 2004.