

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 子計畫一：高可靠度和節省能源的無線感測網路通訊基礎架構(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-002-122-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

計畫主持人：郭斯彥

計畫參與人員：周宗鎰、洪宜蕙、周宏儒、林敬育

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 5 月 24 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

## 高可靠度和節省能源的無線感測網路通訊基礎架構

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 93-2213-E-002-122

執行期間：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

計畫主持人：郭斯彥

共同主持人：

計畫參與人員：周宗鎰、洪宜蕙、周宏儒、林敬育

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：台灣大學電機系

中 華 民 國 94 年 5 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫期中進度報告

## 高可靠度和節省能源的無線感測網路通訊基礎架構

Dependable and Energy-Efficient Communication Infrastructure

計畫編號： NSC 93-2213-E-002-122

執行期限： 民國93年08月01日到94年07月31日

主持人：郭斯彥 台灣大學電機工程學系教授

### 一、中文摘要

近年來隨著無線通訊與感測器技術進步，如何將配備無線界面之感測器散佈在特定空間形成通訊架構以完成特殊任務，已成為現在相當熱門的研究議題。然而在無線感測網路中經常會面臨一些問題與挑戰，尤其是能源的限制，由於在無線感測網路當中往往沒有固定的電力支援，感測器靠著自我搭備的電池以維持能源提供，一旦感測網路中有若干感測器電池能源耗盡將使得感測網路之生命週期下降。

於是，發展可節省能源之通訊架構為無線感測網路中一項相當重要的關鍵技術，本研究計劃發展無線網路拓撲控制技術以有效的達成此目標，並且由我們之實驗模擬結果亦可以指出網路拓撲控制可以有效的降低網路能源的消耗率與提升網路的生命週期。

關鍵字：無線感測網路、拓撲控制技術、能源消耗、網路生命週期

### Abstract

In recently years, as the great progress of wireless communication and sensor technology, to diffuse wireless sensors in certain areas to accomplish specify task has become very popular research issues. Therefore, it will suffer from some problems and challenges in wireless sensor network, especially the limited energy resource. This is because the nodes in sensor network often have no fixed power

supply, and they maintain their power by batteries. If several sensors exhaust their energy, it leads to degradation of network life time.

Thus, to develop energy-efficient communication infrastructure is a very important key technology of wireless sensor network. This research plan develops network topology-control technology to archive this objective. Our simulation results also show that it can efficiently lower the rate of energy consumption and increase the network life time by network topology control.

Key word: wireless sensor network, topology control, energy consumption, and network lifetime.

### 二、研究計劃之動機與目的

無線感測網路為一具有自我組織與自我校調能力之網路架構，感測網路通常具有一個資料中心負責資料的處理與散佈，而感測網路下之感測器則負責資料的蒐集，感測器可將蒐集之資料直接地送回資料中心，這種通訊架構亦稱 single-hop wireless network，然而基於無線通訊距離的限制，這類架構的網路已經漸漸不被採用，而另一類的通訊架構稱為 multi-hop wireless network 因應而提出，在這類的通訊架構下，感測器可以藉由其它感測器做為中繼點 (intermediate node) 間接地將資料傳遞至資料中心，如此不但可以擴大無線網路的泛蓋範圍，亦可以增加無線網路之傳輸能力。

有研究指出無線節點之點的干擾為限制網路產能與消耗能源的重要因素 [2][3], 適當的調整傳輸距離之減少臨近之節點數量, 可以有效的降低節點之間的干擾問題, 這種技術又稱為無線網路拓撲控制 (topology control), 本期研究計劃之目的在於研究一套無線網路拓撲控制方法, 在不破壞網路連通性 (connectivity) 的條件下, 儘可能的降低節點之傳輸功率以達到較佳的節省能源目的。

### 三、研究方法與成果

在探討無線網路節省能源之拓撲控制方法之前, 必需先了解無線環境下傳輸功率與傳輸距離之關係, 相關文獻指出傳輸功率與傳輸距離為多次方的指數關係 [1], 一般訊號在無線環境下有幾種衰減模式:

- Free space model:

若訊號在傳送器與接收器之間以直線光進行並且無任何障礙, 則可以用這一個模型來估計訊號的衰減如下:

$$\Pr(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad (1)$$

其中  $P_t$  與  $P_r$  分別代表發送器之功率與訊號至接收器的功率,  $G_t$  與  $G_r$  則代發送器與接收器之天線增益,  $\lambda$  代表波長,  $L$  代表系統之衰減係數, 這類模型亦表示傳輸區域為以發送器為中心的圓圈範圍, 只要接收器落在發送器的圓圈範圍內即可接收到資料。

- Two-Ray ground reflection model:

這一種的模型不但考量了訊號直接在媒介的衰減, 亦考量訊號在地面上產生反射而造成影響, 相較於 free space 模型, 此模型更適合用於描述長距離傳輸之訊號衰減。

(2)

在此模型下, 當傳輸距離在一個值

$$\Pr(d) = \frac{\Pr G_r G_t h_t^2 h_r^2}{d^4 L} \quad dc = (4\pi h_t h_r) \text{ 以內, 訊號衰減}$$

仍遵循著式子(1)所提的 free space 模型, 當傳輸距離大於  $dc$  值, 訊號則遵循式子(2)之衰減模式, Two-Ray ground reflection model 已經廣泛地被接受與使用於無線網路研究, 在本研究計劃亦使用此模型為我們的訊號衰減模型。

- Shadowing model:

通常無線環境會存在一些障礙或多路徑干擾效應使得傳輸距離為不規則的分佈, 亦使得傳輸範圍成為不規則的傘型, 此模型加入隨機變數的方法動態預測傳輸功率的衰減, 它也是較接近直實環境的訊號衰減模型, 但為了先簡化我們的研究方法, 我們並不考慮這類的模型於這次的研究計劃當中。

藉由對無線訊號衰減的觀察, Rodoplu et al. [2] 提出一套中繼轉播區域 (relay region) 的概念, 這份研究指出間接的使用中繼節點傳輸比直接傳輸有更低的能源消耗, 而中繼轉播區域則代表若是傳送節點欲與此區域中的節點進行通訊, 則可透過中繼節點, 其中繼轉播區域的示意圖如圖一。

中繼轉播區域會有一個邊界, 若是在一個節點旁邊存在許多中繼節點, 則會產生多個中繼轉播區域, 則這些區域的邊界則會形成一塊封閉區間如圖二。這也表示若傳送節點欲與區間外的節點通訊, 皆可間接透過中繼節點, 於是傳送節點之泛蓋範圍只需要覆蓋中繼轉播區域所形成的封閉區間即可。

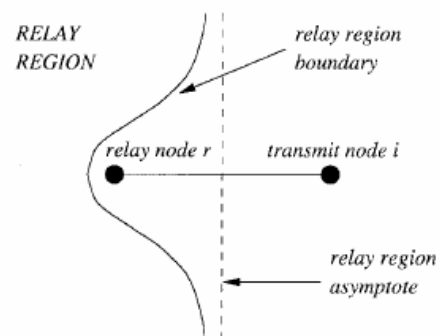


圖 1 Relay Region 示意圖

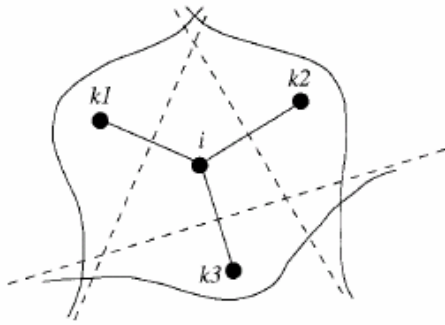


圖 2 Enclosure 示意圖

基於此概念，Li Li et al. [3] 提出一套網路拓撲控制演算法，稱為 small minimum-energy communication network k (SECN)。此演算法目的在於消除一些沒有必要的鄰近節點並嘗試地把無線節點之傳輸半徑降到最低而不失網路之連通性，使用其拓撲控制方法之例子展示於下列圖三與圖四，其分別表示尚未做網路撲拓控制與使用 SECN 拓撲控制演算法之網路，而圖五則指出當網路的密度增加時，使用拓撲控制方法可以有效的降低整體網路節點的平均傳輸半徑。

為了證明拓撲控制可有效的節省能源，我們將拓撲控演算法實驗於柏克萊分校所開發的網路模擬器 [7] 和 CMU 所發展之無線模組 0，我們利用拓撲控制演算法調整無線網路路由協定 AODV [6] 之鄰近節點，並利用拓撲控制演算法所計算出之最小傳輸半徑，根據無線訊號衰減模型反推出適當所需的傳輸功率，將之套用於無線網路中的各個節點。

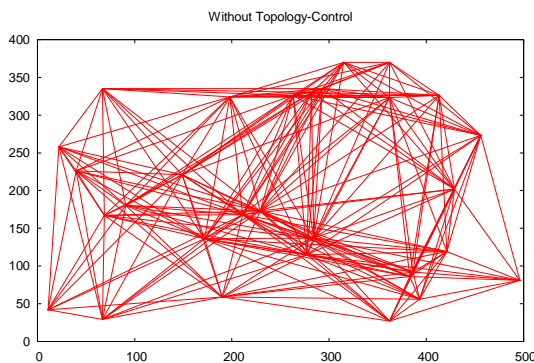


圖 3 未做拓撲控制之無線網路

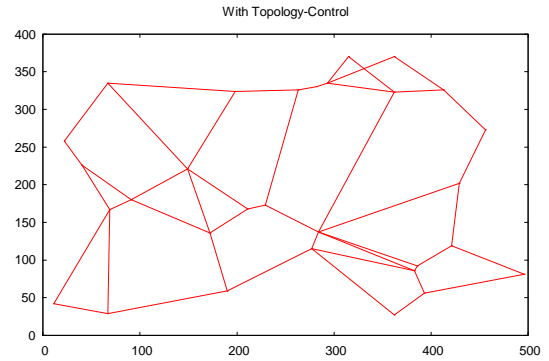


圖 4 經過拓撲控制之無線網路

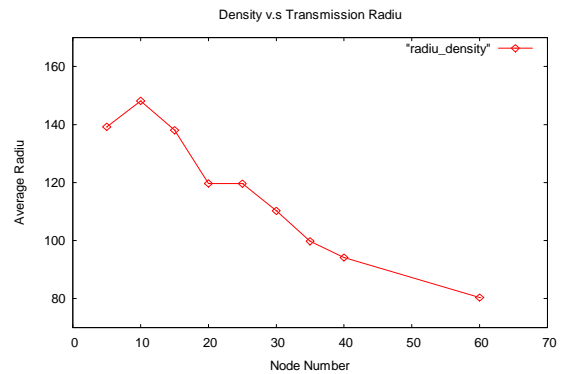


圖 5 拓撲控制在不同密度對傳輸半徑的影響

再來，我們根據 [5] 所提出的能量消耗模型，將此模型應用對我們的實驗當中，然後進行模擬，我們分別測量拓撲控制對能量消耗率與網路生命週期的影響，如下圖六及圖七。

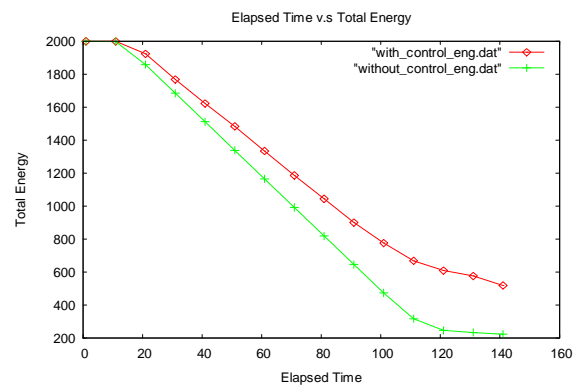


圖 6 拓撲控制減緩能源的消耗率

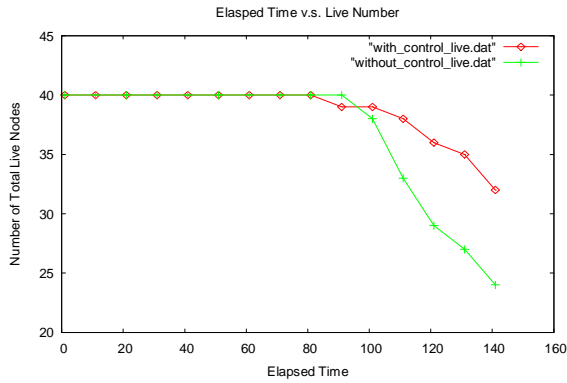


圖 7 拓撲控制延長網路的生命週期

由實驗結果可以觀察之，做網路拓撲控制可以有效的節省能量與提升生命週期，而有相關文獻指出[4][5]，能量消耗並非只是傳送與接收端會耗損能量，在干擾區域之內的節點接受到不必要的封包而丟棄之，亦會產生能量的消耗，於是利用拓撲控制減少傳輸半徑，相對的也減少因受干擾而丟棄封包而產生的不必要能量消耗，達到較佳的能源使用效率。

#### 四、結論

在本期的研究當中，我們已研究出應用於無線感測網路之拓撲控制方法，並將其方法成功的整合於無線網路模擬器中進行實驗，進而驗證拓撲控制之成效性，在未來的研究計劃當中，我們將嘗試把拓撲控制方法整合至感測器的作業系統當中，進而測量拓撲控制方法對真實感測器的影響。

#### 五、參考文獻

- [1] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications: principles & practice", publish by Prentice Hall, 2002
- [2] V. Rodoplu and T. H. Meng, "Minimum energy mobile wireless networks." IEEE JSAC, 1999
- [3] Li Li; Halpern and J.Y, "A Minimum-Energy Path-Preserving Topology-Control Algorithm," in IEEE Transaction on Wireless Communication, 2004
- [4] L. M. Feeney, M. Nilsson, "Investigating the Energy Consumption of a Wireless Network Interface in an Ad Hoc Networking Environment," *IEEE INFOCOM 2001*
- [5] A. Savvides, S. Park, and M. Srivastava, "On Modeling Networks of Wireless Microsensors," in ACM SIGMETRICS, 2004
- [6] C. Perkins, E. Royer, and S. Das, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," IETF RFC 3561, July 2003
- [7] VINT Group, "UCB/LBNL/VINT network simulator ns (version 2)," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>  
The CMU Monarch Project, "Wireless and Mobility Extension to ns," <http://www.monarch.cs.cmu.edu/cmu-ns.html>

# 可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：94年5月31日

<p><b>國科會補助計畫</b></p>	<p>計畫名稱：高可靠度和節省能源的無線感測網路通訊基礎架構                  計畫主持人：郭斯彥                  計畫編號：NSC 93-2213-E-002-122 學門領域：資訊一</p>
<p><b>技術/創作名稱</b></p>	<p>高可靠度和節省能源的無線感測網路通訊基礎架構</p>
<p><b>發明人/創作人</b></p>	<p>台大電機系</p>
<p><b>技術說明</b></p>	<p>中文：                  由於無線感測器通常不具備固定的電力支援，一旦網路中有感測器的電力耗盡，會降低感測網路之效能，同時亦會降低網路的生命週期，換句話說，如此將會使醫療系統的效能與可靠性降低，但是如此在醫療系統是不太允許的，於是本計劃擬研究一套可節省能量的通訊協定，以大幅減低能量的消耗率和延長網路生命週期、</p> <p>英文：                  Because the sensors usually do not have fixed power supply, when some sensors in the network exhaust their energy, it will lower the network performance and lifetime. On the other words, this will lower the efficient and reliability, but it is not allowed by health system. This plan studies a communication protocol which can significantly lower the energy drain rate and extend the network lifetime.</p>
<p><b>可利用之產業及可開發之產品</b></p>	<p>可利用於自動化醫療系統</p>
<p><b>技術特點</b></p>	<p>減少感測器中電池的更換速度                  增加感測網路之可靠性與生命週期</p>
<p><b>推廣及運用的價值</b></p>	<p>可應用成一套自動化社區看護系統                  由於使用感測器這類的行動裝置，病患並不願意經常性的更換電池，況且在更換電池的期間，病患與醫護中心會暫時性失去連線，這類情況若過於頻繁對醫療系統是非常不佳的，於是將節省能源的技術應用於醫療系統亦是相當重要的考量</p>

- ※ 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。