

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

碟圖之理論及應用 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2221-E-216-021-
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：中華大學資訊工程學系

計畫主持人：俞征武

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 11 月 17 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

碟圖之理論及應用

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2221-E-216-021

執行期間：2009年8月1日至2010年7月31日

計畫主持人：俞征武

共同主持人：

計畫參與人員：

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：中華大學資訊工程學系

中華民國 2010 年 10 月 31 日

摘要

關鍵字: 碟圖、無線感測網路、演算法設計、圖論

1. 前言

最近幾年來，一個圖學模型：單位碟圖(*unit disk graphs*, 簡稱 UDG)[4, 7, 20] 被學者先後提出來。這樣的圖可用平面上的碟(disk)來表示：每個點(vertex)是一個碟(disk)其半徑為單位長度，當兩個碟有交集時，則兩個點有一條連線。我們也可採用以下不同的的定義：一個單位碟圖 $G=(V, E)$ ，其中 V 是由 n 個平面點 $=\{0, 1, 2, \dots, n-1\}$ 所組成，而如果任 V 中的兩個點(node) i 和 j 的距離小於 r 則 (i, j) 之間存在一個 edge。也就是說如果 $d(X_i, X_j) \leq r$ 則 $(i, j) \in E$ ，此處 d 函數代表兩個點之間的歐基里德距離(Euclidean distance)。當此處的 r 為上述定義中單位長度的兩倍時，則每個點 X_i 就如同上述碟中的圓心(center)一般。

單位碟圖(UDG)的應用相當廣，包含通訊網路(communication networks)、隨意網路(ad hoc networks)、感測網路(sensor networks)、分類技巧(classification)、空間統計(spatial statistics)等[4, 7, 13]。無線電網路的重要性的普及性日益劇增，因此 UDG 相關的理論研究問題也受到廣泛的重視。一般而言，無線電網路上的基本問題，常可對應到某一個單位碟圖的圖論問題。例如，如果我們問：當功率範圍(power range) r 需要調到多大以上，則部署的無線網路是否完全連接？若用圖學的術語就是問：當 r 值多大之時，此 UDG 是強連接的(strongly connected)？此問題稱為單位碟圖的連接問題[17]。此連接問題在無線網路(mobile ad hoc or sensor networks)上有相當多的應用，包含：省電機制設計(power saving)、網路佈置(deployment)、網路產值(throughput)之估算、及網路路由(routing)等問題[5, 6, 9, 10, 12, 14-17]。

1.1 單位碟圖的相關成果

單位碟圖的相關成果簡述如下。

單位碟圖的辨識問題已經被證明為 NP-hard [20] 就算其輸入圖為平面圖(planar graphs)或者將碟擴展到三度空間(也就是單位碟球圖)，其單位碟圖的辨識問題也是 NP-hard [20]。

單位碟圖的塗色問題已經被證明為 NP-complete，就算其所使用的顏色數目 $k(\geq 3)$ 是固定的(fixed)其結果也是 NP-complete [7]。A. Gräf, M. Stumft, and G. Weißenfels 等也利用網路流量(network flow)及配對(matching)技巧提出一個 3-approximation 的演算法[7]。之後有學者設計出 2.5-approximation 的演算法(從 3 降低到 2.5)[21]。

單位碟圖的最小連接支配集合問題(the minimum connected dominating set)被證明為 NP-complete [23]。因此有許多的 heuristic algorithm 在無線隨意網路上被設計出[24, 26]。

單位碟圖的最大顆粒(the maximum clique problem)有多項式時間的演算法($O(n^{4.5})$)存在[4]。之後，Breu 將其時間降到 $O(n^{3.5})$ [25]。

1.2 單位碟圖其適用範圍不足之處

單位碟圖(UDG)，依其目前的定義，仍有其適用範圍不足之處。例如，單位碟圖(UDG)就不能充分代表傳輸半徑不同的無線感測網路。

無線感測網路(wireless sensor networks) [18, 19]是以眾多低成本且體積小的感測器，利用任何可行的方式密集的散佈在需要偵測的範圍之內。每一個感測點在所在感測半徑(sensing range)之內偵測到不同的訊號(例如:溫度、壓力、溼度、光度、聲音等)，並在其傳送半徑(communication range)之內的感測點可以互相直接傳遞訊息。這些感測器同時具有計算處理能力。利用多個感測器便可架構成一個無線感測網路。部署感測網路在人類所無法到達的區域，可以自動搜集所需的資料。例如，早期在戰爭時，人們爲了搜集戰場上的資訊，必須派遣偵察兵搜集。然而偵察兵卻很容易在搜集資訊同時被敵軍發現，進而遭受損傷。使用感測網路，使我們得以克服地理上的障礙，在這些特殊的環境下作即時的監控並收集資訊，並作出適當的應變。感測網路尚有倉儲管理、品質監控，健康醫療協助及監控、自然災害的預警、家居應用，車輛追蹤及偵測等應用[18, 19]。近年來，感測網路上的研究議題受到廣泛的重視。這些問題包含媒介存取控制(media access control)、節省電源(power saving)、目標追蹤(target tracking)、網路的資料傳送路徑(routing)之方式、網路的覆蓋問題(coverage)、網路的連結強度等。感測網路可以透過一個 Sink(可視爲一個 gateway)來當作此感測網路和外界的橋樑。所有感測器收集到的資訊都會先匯集到 Sink，再由 Sink 將資訊以衛星、Internet 或是其它方式傳送給遠方的使用者或伺服器。

單位碟圖(UDG)不能充分代表無線感測網路的原因如下所述：

(1) **每個感測器的傳送半徑可能都不同**。無線感測網路爲因爲部署的感測器體積小，它所能搭載的電池也就相對的小。而且此電池是無線感測器主要的電源，想更換電池以延長感測器的壽命是一個較難實現的方式。因此，在無線感測網路中，爲妥善運用有限的電池電力，常因實際的需要而調整感測器的傳送半徑[18]。單位碟圖(UDG)雖可用來代表傳送半徑都相同的無線感測網路，但卻無法代表有不同傳送半徑的無線感測網路。因此在單位碟圖(UDG)上的研究成果，常常不能直接用於此網路中。

(2) **無線感測器不只是有傳送半徑，還有感測半徑[19]**。無線感測器一般有兩個基本功能：感測(sense)和傳送(communicate)。一般而言，感測器的感測半徑常是小於傳送半徑。有趣的是，在此網路中有許多實際的研究及應用問題常常需此兩個功能及半徑同時考慮。例如，給定一個擁有許多隨意部署感測器的無線感測網路，此網路是否監控或覆蓋(coverage)整個感測區域(the deployed area)且此網路同時保持傳送連通(network connectivity)？雖然在感測網路上的研究討論此兩半徑關係的論文不少，但目前似乎未見合適的圖論模式(graph model)或理論上的研究來思考此基本問題。

(3) **無線感測器的傳送半徑會因時間的變化而有多種(2 個以上)的不同大小**。爲了精準定位(position estimation)及省電的原因，無線感測網路上的感測器，有時會因時間的改變，而不斷地、有規律地(或無規律地)變換其傳送半徑。甚至每個無線感測器其變換的傳送半徑會有 3 個以上的不同的值。

在了解以上無線感測網路的需求並不能由單位碟圖來表示後，本計劃將單

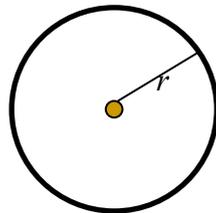
位碟圖的定義放鬆如下：

1. 單位碟圖(UDG)可用來代表傳送半徑都相同的無線(感測)網路，但卻無法代表有不同傳送半徑的無線感測網路或隨意網路。為涵蓋這些應用，應該考慮將傳送半徑相同的條件放寬，也就是需有一個新的圖來代表不同傳送半徑的無線(感測)網路。
2. 單位碟圖(UDG)不能用來表示無線感測器其同時擁有感測及傳送的兩個基本功能。因此，應該需有一個新的圖，來代表一個感測器同時有兩個不同功能。
3. 單位碟圖(UDG)也不能用來表示因時間的改變，而不斷地、有規律地變換其傳送半徑此特性。因此，應該需有一個新的圖來代表此一多變的特性。

若可放鬆或擴充單位碟圖(UDG)的定義，我們將有機會為無線感測網路建立一個新的圖論模型(也就是碟圖)並討論其基礎問題。當新的圖論模型出現後，前人在單位碟圖(UDG)的演算法成果是否有進一步向上延伸的可能？如何利用這些新的碟圖來解決無線隨意網路或感測網路上的演算法設計將是另一個重點。

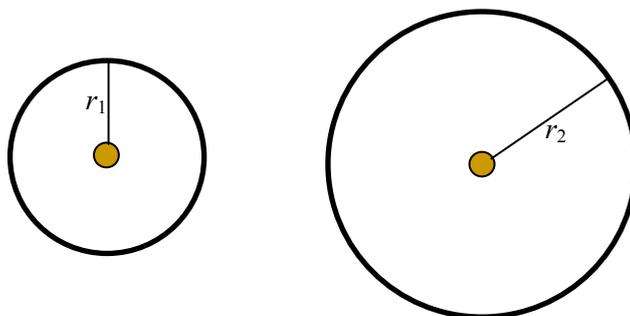
1.3 碟圖的定義

本計劃提出一個新的圖以補強(擴充)單位碟圖(UDG)的不足。此圖為碟圖(disk graphs, 簡稱為 DG)利用一個碟來代表一個收發器，碟的中心代表收發器的位置而其半徑代表傳送半徑，任兩點有一條線(edge)代表此此兩個收發器可直接通訊。如圖一所示。



圖一、在碟圖中一個碟代表一個無線網路收發器。

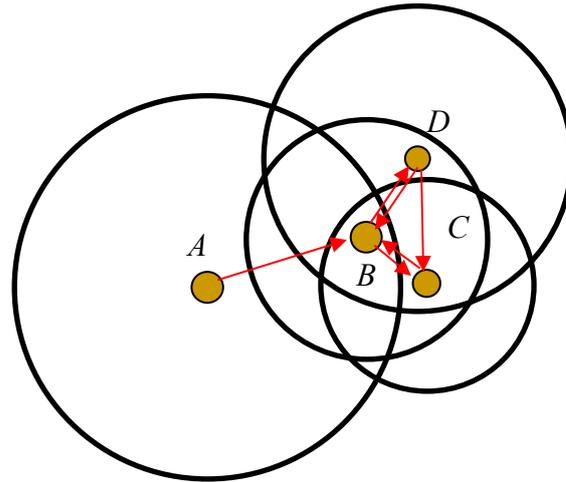
首先，碟圖(DG)改變 UDG 使用同一大小碟半徑的原則，允許使用不同大小的碟，如圖二所示。



圖二、碟圖可使用不同大小的碟。

嚴格地說，一個碟圖 $G=(V, E)$ 可用平面上的碟(disk)來表示：每個點(vertex)

代表一個大小不同的碟(disk)當碟 $A(\in V)$ 有交集(涵蓋)另一個碟 $B(\in V)$ 的中心時，則代表有一條有方向的線(edge) $[A, B](\in E)$ 從點 A 連到點 B ，如圖三所示。



圖三、碟圖是一個方向圖。

碟圖是一個方向圖(directed graphs)。當 $[A, B] \in E$ ，不代表 $[B, A]$ 一定 $\in E$ ，如圖三所示， A 可直接傳資料與 B ，但反之不一定必然。其實當所有碟的半徑相同時，若令碟圖(DG)的半徑為單位碟圖(UDG)的半徑的兩倍時，兩圖的定義是相同的。

碟圖(DG)定義和先前的單位碟圖(UDG)相比較後，有二處不同：

(1)放寬半徑相同的限制。

(2)將點連線的定義改成一碟需涵蓋另一個碟的中心(在一般的論文中單位碟圖的定義較常見為兩碟相交即可，也就是一碟不需涵蓋另一個碟的中心)。

明顯地，碟圖(DG)可用於代表一個無線隨易網路或感測網路的通訊連線拓樸結構(一碟需涵蓋另一個碟的中心的目的是在於確保直接通訊的可能)。就個人所知，單位碟圖(UDG)有一些研究，但碟圖(DG)受到的注目極少。太多的研究出現在無線隨易網路或感測網路上相關的論文，但都缺乏理論基礎上全面的討論，更別說利用紮實的數學理論來解決無線隨易網路或感測網路上的問題。

其中需注意有些論文也用碟圖(disk graphs)這個名稱[21, 22]，但其為將單位碟圖的碟放寬為大小不同的碟，但其點連線的定義依然是兩碟相交即可並非(此處定義)需一碟需涵蓋另一個碟的中心。他們定出的圖和本計劃定出的碟圖不同。在他們所定出的碟圖若點 A 到點 B 有連線，則若點 B 到點 A 必有連線，因此兩種碟圖是不同的，不可混為一談(也就是[21, 22]的圖為無方向圖(undirected graphs)，而本計劃的圖為有方向圖(directed graphs))。

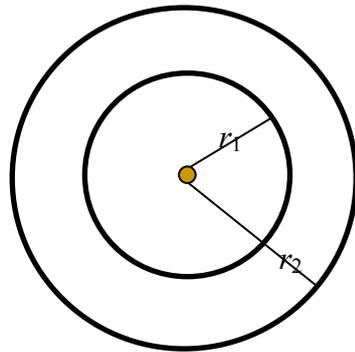
2. 研究目的

本計劃首先提出一個碟圖的新變型：雙碟圖。之後並利用碟圖來解決感測

網路上的定位誤差問題。

建立於 DG 上，我們再定義一個碟圖變型稱為雙碟圖(double disk graphs, 簡稱為 DDG)。定義雙碟圖的目的，在於用來代表無線感測網路(wireless sensor networks)同時擁有通訊及感測的功能。

嚴格地說，一個雙碟圖可用平面上碟(disk)來表示：每個點(vertex)由兩個半徑大小不同的同心碟(disk)所構成(大的碟稱外碟(outer disk)，小的碟稱內碟(inner disk))。在圖四中，一個雙碟圖是由兩個同心圓所構成，其半徑為 r_1, r_2 且 $r_1 \leq r_2$ 。

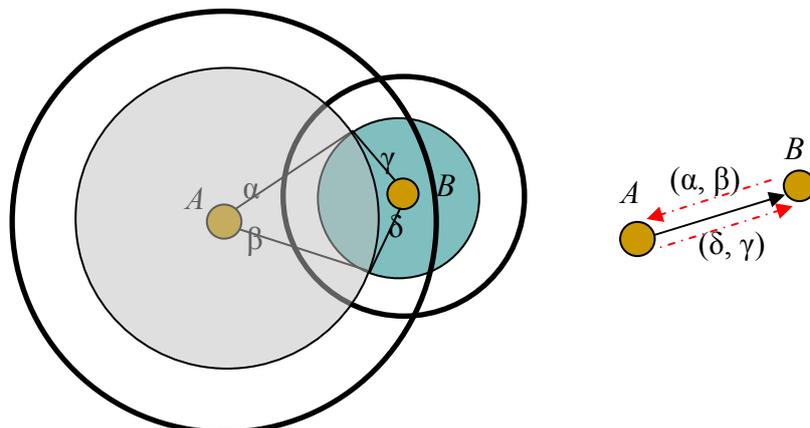


圖四、在雙碟圖 DDG 中一個碟由兩個半徑大小不同的同心圓所構成。

一個雙碟圖 $G=(V, E_s \cup E_c)$ 中的每個點(vertex)可用一個雙碟代表。令雙碟圖 G 的通訊子圖(communication subgraph)為 $G_c=G_{E_c}=(V, E_c)$ 而且雙碟圖 G 的感測子圖(sensing subgraph)為 $G_s=G_{E_s}=(V, E_s)$ 。注意此兩個子圖的點集合(vertex set)相同，但線集合(edge set)不同。一個雙碟圖線集合(edge set)是由兩個子圖的線所聯集而成。這裡的 G_c 是代表感測網路上的通訊的狀況，而 G_s 是代表感測網路上的感測的狀況。

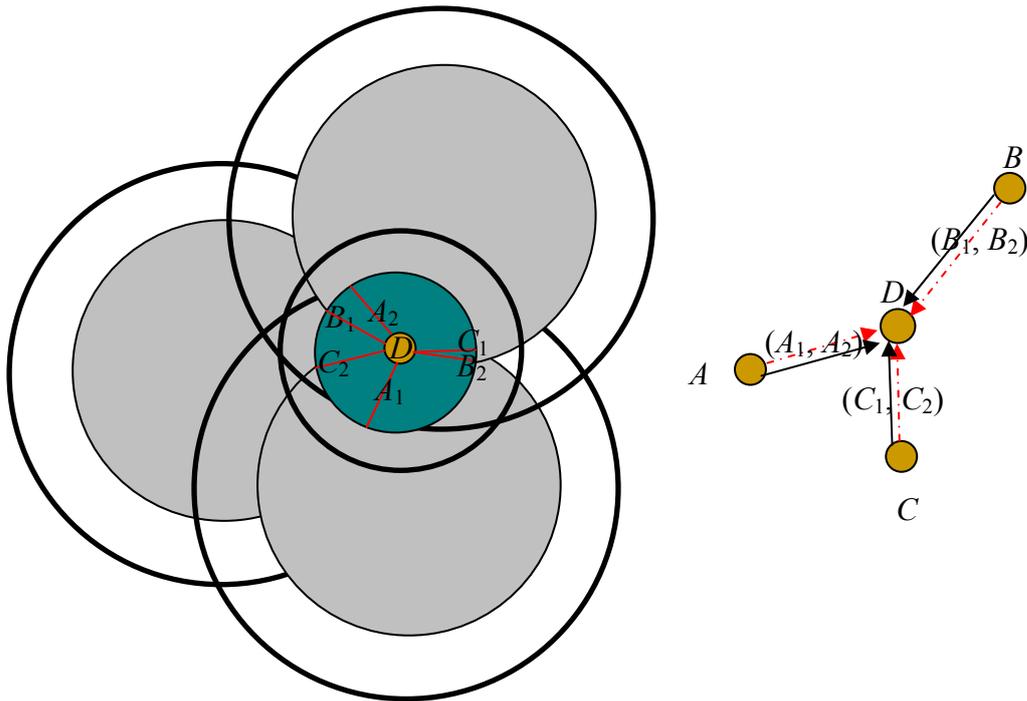
嚴格地說，在通訊子圖 G_c 中，當碟 $A(\in V)$ 的外碟交集(涵蓋)另一個碟 $B(\in V)$ 的外碟的中心時，則代表有一條有方向的線(edge) $[A, B](\in E_c)$ 從點 A 連到點 B ，如圖五所示。注意這裡邊的定義如同碟圖的定義。

另一方面，在感測子圖 G_s 中，當碟 $B(\in V)$ 的內碟有交集(覆蓋)另一個碟 $A(\in V)$ 的內碟時，則代表有一條有方向的線(edge) $[B, A](\in E)$ 從點 B 連到點 A 且 $[B, A]$ 上的向量權重 (α, β) 代表碟 B 的內碟涵蓋碟 A 的內碟圓周對碟 A 圓心所形成的順時鐘角度範圍，如圖五所示。

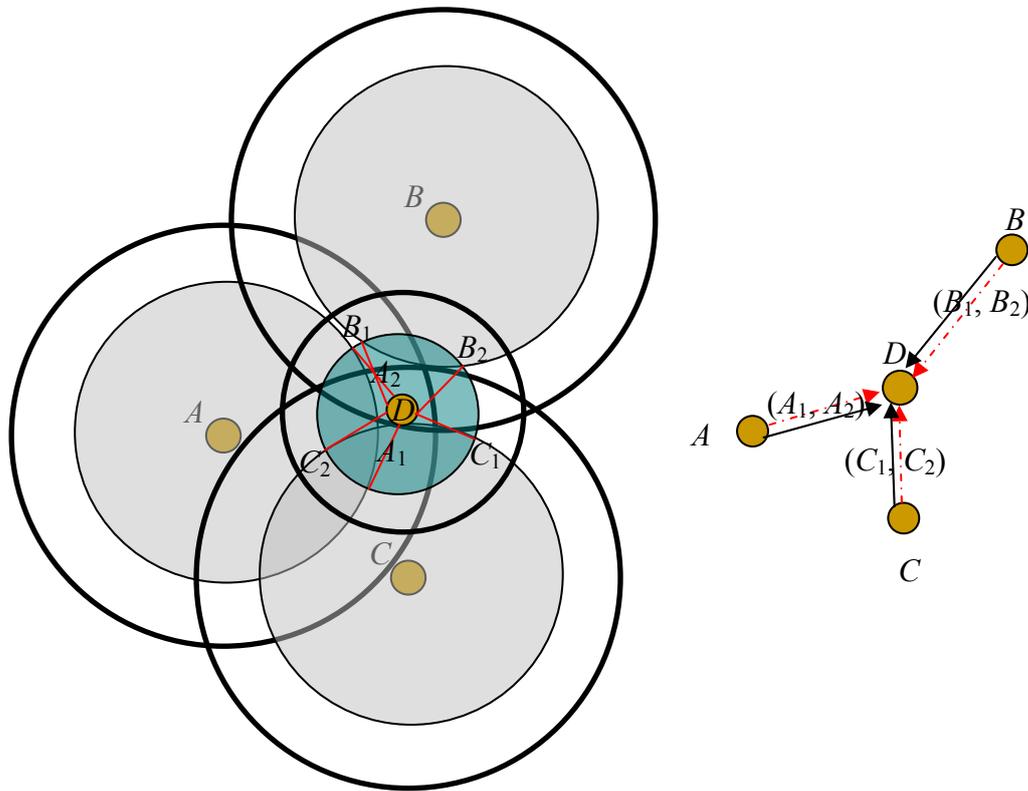


圖五、一個雙碟圖及其雙碟模型。此地黑色線代表 G_c 的線而紅色線代表 G_s 的線。紅色線上的向量代表順時鐘角度。

以上雙碟圖的設計是故爲了可以表現無線感測器其同時擁有感測及傳送的兩個基本功能。尤其是感測的功能需要判斷一個區域是否有未被覆蓋的區域(稱爲洞(hole))。如圖六中，碟 D 的內碟只被碟 ABC 的內碟所覆蓋，則碟 D 不在洞的旁邊。相反地，在圖七中的碟 D 則在洞的旁邊。判斷的方法可將點 D 在圖 G_s 中的三個鄰居的連線上的向量(代表覆蓋角度範圍)作聯集(union)，若聯集之角度範圍爲 360 度即不在洞的旁邊，否則就在洞的旁邊。如圖六、七所示。注意在此我們先不考慮部署區域所造成之邊界效應(border effect)，因爲邊界效應需要特殊地方式來判斷其洞的存在。



圖六、一個雙碟圖及其雙碟模型。若碟 D 的內碟祇被碟 ABC 的內碟所包圍，則碟 D 的內碟並不是一個洞(hole)的旁邊。



圖七、若碟 D 的內碟只被碟 ABC 的內碟所覆蓋，且碟 D 的內碟的圓周並不被碟 ABC 的內碟所包圍，則碟 D 的內碟在一個洞(hole)的旁邊。

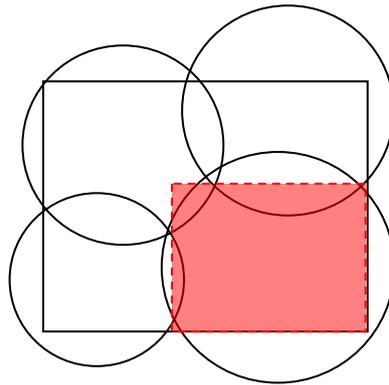
本計劃專注於研究「最佳調整碟圖(DG)半徑的演算法，並應用於無線感測網路上的網路覆蓋及定位誤差問題」。詳細的目標羅列如下：

- ◆ 調整每個碟圖的半徑以達到 **完全覆蓋(full coverage)**。每一感測器都是一個有限電力的無線通訊設備。無線感測器會因為電力不足而無法順利運作。由於造價低廉，因此可以大範圍的佈置以達到偵測的功效。在佈置(deployment)的過程中，也可能因為佈置的方式或是地理環境的影響，導致於佈置後的感測網路形成不完全覆蓋的情形。克服感測網路不完全覆蓋的最簡單的方式，就是調整每個感測器的感測半徑，以同時達到覆蓋整個部署的區域。但為了節省珍貴的電源及考慮整個感測網路的監控壽命，如何用最省電的方式調整每一個感測器的感測半徑，使得整個部署的區域被覆蓋。此問題稱為 **最佳覆蓋問題**。嚴格地說，假設整個感測器為 S_1, \dots, S_n 且 r_k 為 S_k 的感測半徑 ($1 \leq k \leq n$)，最佳覆蓋問題即是決定 r_k ($1 \leq k \leq n$)，使得整個部署的區域(矩形)被覆蓋而且整個網路的耗電量 $\sum_1^n r_k^\alpha$ 的值為最小。注意一般而言，無線網路上感測器其耗電量常和感測半徑 α 次方成正比。(此地 α 可視為一個系統參數，會因部署的環境而改變)
- ◆ 調整碟圖的半徑以 **降低最大及期望定位估計誤差(position estimation error)**。在無線感測網路上提供精確的地理資訊，最普遍的方法即是在每個無線感測器上裝設 GPS，但是這個方法的硬體成本非常高，且 GPS 不可適用於室內。在過去前人的研究方法中只在部份無線感測器上裝設 GPS，其餘的感測器則裝上距離或是角度測量等硬體設備來進行定位。雖然這樣可以降低硬體成本(但仍需額外硬體需求)，並且這些硬體本身的測量誤差將

使定位精確度下降。其它研究則透過資料廣播與廣播半徑的交集區域來推測定位座標，不過定位的精確度也相對較低。

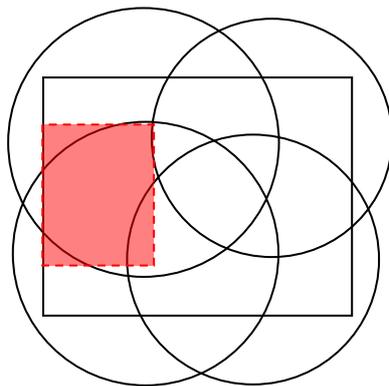
3. 研究方法及成果

考慮在不搭配特殊硬體的前提下，希望有效地降低定位誤差。其中一個方法就是調整無線感測器的半徑以降低定位估計誤差。例如在圖八中，若行動使用者(mobile user)位於紅色矩形所覆蓋的封閉區域，可透過周邊的圓(圓心的座標為已知)來估計其位置。為了降低計算估計座標的計算複雜度，常用的技巧為用一矩形(紅色)其中心點來估計行動使用者的座標位置。如圖八是未調整廣播半徑前，其最大的定位誤差由紅色矩形所代表。



圖八、未調整廣播半徑前的定位估計誤差。

在適當調整無線感測器廣播半徑後，其最大的定位估計誤差有所降低，如圖九所示。



圖九、調整廣播半徑後降低了最大的定位估計誤差。

需注意在調整無線感測器的廣播半徑時，仍需同時監控(覆蓋到整個部署的區域(即最外圍的矩形)。如何設計一個演算法來調整碟圖的半徑以降低最大和期望的定位估計誤差，即是一個十分有趣的研究議題。當然此問題是否為 NP-hard 也是一個討論的重點。

在本章節中我們討論之前的集中式演算法，透過基地台(Base Station)統一進行通訊半徑調整計算，再將計算結果傳給 Beacon，此演算法稱為 Adjusting Communication Range (ACR) algorithm，計算過程分為四大步驟：

Step 1: 區塊分割。

Step 2: 線性對映。

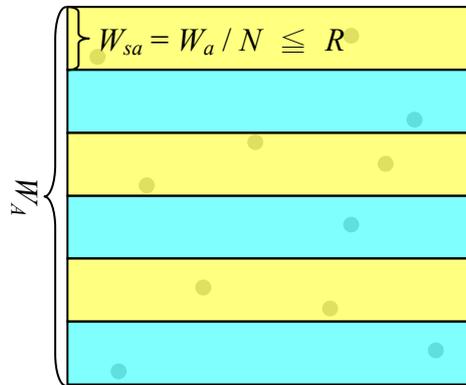
Step 3: 區塊合併。

Step 4: 重覆分割調整及合併。

以下分節討論這些步驟之詳細作法。

3.1 區塊分割

若直接考慮整個網路的通訊半徑調整，我們可以發現問題相當複雜，因此爲了簡化通訊半徑調整問題，我們運用 Divide-and-Conquer 策略，在無線感測網路中一個二維平面的感測區域裡，我們將其水平分割成多個一維區域。 W_{sa} 是一維區域的寬、 N 是一維區域的個數、 W_A 爲二維平面的高，如圖十。 W_{sa} 不可大於 Beacon 的最大通訊半徑 R_M 。



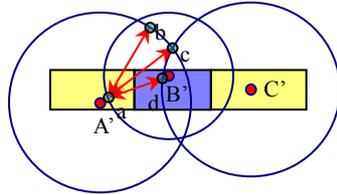
圖十、將二維平面分割成一維區域

爲了讓 Normal nodes 能夠在感測網路中任何位置都能被定位，所以 Beacon 的通訊半徑必須能夠保持在一個基本的距離，爲了決定該距離，我們繼續將一維區域分割成非等大的小區塊，而分割的基礎即以 Beacon 的 X 座標爲基準，以相鄰兩個 Beacon 的中線爲分割線，而 Beacon 只需覆蓋自己所處的小區塊即可，因此我們可以知道除非兩點座標重合，否則任何一個小區塊，皆只存在 1 個 Beacon，另外一種情況較爲特殊，若水平切割時，在一個維度中剛好兩點 X 座標相同，而無法切割中垂線，這兩點將視作同一點。

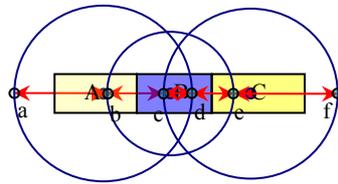
3.2 線性對應

一維區域內 Beacon 是隨機散佈的，由於我們在調整分割區時是使用線段長度來表示分割區的大小，所以在此情況下，將造成我們在衡量所有分割區線段的非一直線性，如此將難以了解線段變化時相互之間的影响爲何?另一個問題是，線段的計算該如何決定?如圖十一中分別有 L_{ab} 、 L_{ac} 及 L_{ad} 三個線段，在非線性分割區塊中，假如我們想描述 Beacon A' 、 B' 的通訊半徑交集減去 Beacon C' 的通訊半徑所形成的分割區域 ($A' \cap B' - C'$)，那我們該使用何線段呢?事實上，除非 Beacon C' 的通訊半徑增大至一定的大小，線段 L_{ab} 才能反應此分割區域的大小變化。而線段 L_{ac} 則無法反應出 C' 的通訊半徑縮小時此分割區塊的大小變化。線段 L_{ad} 則是反應 Beacon A' 及 C' 的通訊半徑所形成的分割區塊大小的變化狀況。

我們反觀線性分割區塊，所謂線性分割區塊是指一維區域內的所有 Beacon 其圓心呈一直線並且位於一維區域高度的中間。線性分割區塊的描述線段我們是以分割區塊 X 座標軸最寬者為代表。圖十二中可以發現線段 L_{bc} 可以描述 Beacon B 及 C 的通訊半徑改變時分割區域 $(A \cap B - C)$ 大小的變化狀況，不論是 B 或 C 增大或縮小通訊半徑，線段 L_{bc} 皆可清楚的反應出來。另外，所有的線段均為一直線，所以圖十二根本不需像圖十一中要考慮用哪一個線段來代表 Beacon A' 、 B' 及 C' 通訊半徑改變時所形成的分割區域 $(A' \cap B' - C')$ 大小變化的問題。



圖十一、非線性分割區塊



圖十二、線性分割區塊

由於線性分割區塊的優點，我們希望將一維區域產生的非線性分割區塊轉換成線性分割區塊，然而非線性分割區塊轉換成線性分割區塊時會有最大通訊半徑覆蓋率問題。我們可以發現兩者的通訊半徑存在著覆蓋率偏差 ΔR ，此偏差值與 Beacon A' 及 A 的距離 $D_{AA'}$ 相等。因此我們需調整 Beacon A 在 Beacon A' 位置時的相對最大通訊半徑，如公式(1)，其中 R_N 為非線性分割區塊 Beacon 的通訊半徑， R_N' 為線性分割區塊 Beacon 的通訊半徑， $D_{NN'}$ 為兩者 Beacon 距離。

$$R_N = R_N' - D_{NN'} \dots \dots \dots (1)$$

3.3 區塊合併

我們將感測區域分成小區塊，最後 Beacon 將會落在其與鄰居距離關係所切割的小區塊中。由於單一小區塊只會定位成與 Beacon 相同的座標，所以我們需進一步將小區塊由左至右進行兩兩合併成數對小區塊。當兩個小區塊合併後，Beacon 還必需調整通訊半徑讓合併後的小區塊能夠被 Beacon 盡力覆蓋，且又能達到最大分割區域最小化。

由於一個一維區域會被切割成數個小區塊，而這些小區塊又會逐層兩兩相互合併，每合併一次原本通訊半徑已調好的分割區域將可能因為在合併時於合併處被彼此重新切割，

所以我們必須在合併後調整通訊半徑。小區塊的合併過程將會進行至一維區域被重新合併才停止。

每一次的區塊合併時都會讓合併處的分割區域重新分割，這時被重新分割的分割區域若存在整個被合併的小區塊最大的分割區域，那麼我們就有機會透過調整通訊半徑的方式來達到縮小最大分割區域以讓定位更精確。由於我們以線性分割區塊中分割區域最寬的線段來代表該分割區域，而分割區域愈大線段也將愈長，所以我們關心的便是最大線段最小化的問題。

4. 計畫成果自評及未來研究

碟圖的研究十分合適用於思考無線電網路上的基本問題。這計劃的研究不但提醒學者此圖的重要並且提出幾個可能的發展方向，如雙碟圖之研究便需要更多的學者的投入。本計劃的成果應有機會實際運用於無線感測網路上，並且有機會成爲一個新的圖論模型。有關降低最大及期望定位估計誤差的問題是否有機會設計出逼近演算法或真正有價值可用於實務上的定位系統，則是一個十分有趣且有挑戰的研究議題。

參考文獻

1. Christian Bettstetter, "On the minimum node degree and connectivity of a wireless multihop network," *MobiHoc*, 2002, pp. 80-91.
2. B. Bollobas, *Random Graphs*, Academic, London, 1985.
3. J. A. Bondy and U. S. R. Murty, *Graph Theory with Applications*, Macmillan Press, 1976.
4. B. N. Clark, C. J. Colbourn, and D. S. Johnson, "Unit disk graphs," *Discrete Mathematics*, vol. 86, pp. 165-177, 1990.
5. O. Dousse, P. Thiran, and M. Hasler, "Connectivity in ad-hoc and hybrid networks," *Infocom*, 2002.
6. J. Gimbel, J. W. Kennedy, and L. V. Quintas, Quo Vadis, *Graph Theory?*, Annals of Discrete Mathematics, North-Holland, 1993.
7. A. Gräf, M. Stumpt, and G. Weißenfels, "On coloring unit disk graphs," *Algorithmica*, vol. 20, pp. 277-293, 1998.
8. M. C. Golumbic, *Algorithmic Graph Theory and Perfect Graph*, Academic Press, New York, 1980.
9. P. Gupta and P. R. Kumar, "Critical power for asymptotic connectivity in wireless networks," *Stochastic Analysis, Control, Optimization and Applications*, pp. 547-566, 1998.
10. P. Gupta and P. R. Kumar, "The capacity of wireless networks," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 46, no. 2, pp. 388-404, 2000.
11. Peter Hall, *Introduction to the Theory of Coverage Process*, John Wiley and Sons, New York, 1988.
12. L. Kleinrock and J. Silvester, "Optimum transmission radii for packet radio networks or why six is a magic number," *Proc. IEEE National Telecom. Conf.*, pp. 4.3.1-4.3.5, 1978.

13. Mathew D. Penrose, *Random Geometric Graphs*, Oxford University Press, 2003.
14. T. K. Philips, S. S. Panwar, and A. N. Tantawi, "Connectivity properties of a packet radio network model," *IEEE Transactions On Information Theory*, pp. 1044-1047, 1989.
15. P. Piret, "On the connectivity of radio networks," *IEEE Transactions on Information Theory*, pp. 1490-1492, 1991.
16. G. J. Pottie and W. J. Kaiser, "Wireless integrated network sensors," *Commun. ACM*, vol. 43, no. 5, pp. 51-58, May 2000.
17. Paolo Santi and Douglas M. Blough, "The critical transmitting range for connectivity in sparse wireless ad hoc networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 2, no. 1, pp. 25-39, 2003.
18. Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," *IEEE Communications Magazine*, 2002, vol. 40, pp. 102 - 114.
19. Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey," *Computer Networks*, Volume 38, pp. 393-422, 2002.
20. Heinz Breu and David G. Kirkpatrick, "Unit disk graph recognition is NP-hard," *Computational Geometry*, vol. 9, pp. 3-24, 1998.
21. I. Caragiannis, A. V. Fishkin, C. Kaklamanis, and E. Papaioannou, "A tight bound for online coloring of disk graphs," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3499, pp. 78-88, 2005.
22. P. Hliněný and J. Kratochvíl, "Representing graphs by disk and balls," *Discrete Mathematics*, vol. 229, pp. 101-124, 2001.
23. Weili Wu, Hongwei Du, Xianhua Hia, Yingshu Li, Scott C.-H. Huang, "Minimum connected dominating sets and maximal independent sets in unit disk graphs," *Theoretical Computer Science*, vol. 352, pp. 1-7, 2006.
24. P.-J. Wan, K. M. Alzoubi, O. Frieder, "Distributed construction of connected dominating set in wireless ad hoc networks," *Proc. Infocom*, 2002.
25. H. Breu, *Algorithmic Aspects of Constrained Unit Disk Graphs*, Ph. D. Thesis, Computer Science Dept., University of British Columbia, 1996.
26. R. Sivakumar, B. Bas, and V. Bharghavan, "An improved spin-based infrastructure for routing in ad hoc networks," *IEEE Symp. Computer and Communications*, Athens, Greece, June, 1998.
27. Hüseyin Akcan, Vassil Kriakov, Hervé Brönnimann, and Alex Delis, "GPS-Free Node Localization in Mobile Wireless Sensor Networks," *ACM International Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access*, 2006, pp. 35-42.
28. Mustapha Boushaba, Abderrahim Benslimane, and Abdelhakim Hafid, "A2L: Angle to Landmarks Based Method Positioning for Wireless Sensor Networks," *IEEE International Conference on Communications*, 2007, pp. 3301-3306.
29. Nirupama Bulusu, John Heidemann, and Deborah Estrin, "GPS-less Low-Cost Outdoor Localization for Very Small Devices," *IEEE Personal Communications*, vol. 7, pp.28-34, 2007.
30. Srdan ˇCapkun, Maher Hamdi, and Jean-Pierre Hubaux, "GPS-free positioning in mobile

Ad-Hoc networks,” *Hawaii International Conference on System Sciences*, 2001.

31. Zenon Chaczko, Ryszard Klempous, Jan Nikodem, and Michal Nikodem, “Methods of Sensors Localization in Wireless Sensor Networks,” *The 14th Annual IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-Based Systems*, 2007, pp. 145–152.
32. Vijay Chandrasekhar, Zhi Ang Eu, Winston K.G. Seah, and Arumugam Pillai Venkatesh, “Experimental Analysis of Area Localization Scheme for Sensor Networks,” *IEEE WCNC*, 2007, pp. 4013–4018.
33. Lance Doherty, Kristofer S. J. Pister, and Laurent El Ghaoui, “Convex Position Estimation in Wireless Sensor Networks,” *IEEE International Conference on Computer and Communications Societies*, 2001, vol. 3, pp. 1655-1663.
34. Liang Dong and Frank L. Severance, “Position Estimation with Moving Beacons in Wireless Sensor Networks,” *IEEE International Conference on Wireless Communications and Networking*, 2007, pp. 2317–2321.
35. Abdallah El Moutia and Kia Makki, “Time and Power Based Positioning Scheme for Indoor Location Aware Services,” *The 5th IEEE International Conference on Consumer Communications and Networking*, 2008, pp. 868–872.
36. Tian He, Chengdu Huang, Brian M. Blum, John A. Stankovic, and Tarek Abdelzaher, “Range-Free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks,” *The 9th ACM Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, 2003, pp. 81-95.
37. Kyunghwi Kim and Wonjun Lee, “MBAL: A Mobile Beacon-Assisted Localization Scheme for Wireless Sensor Networks,” *The 16th IEEE International Conference on Computer Communications and Networks*, 2007, pp. 57–62.
38. Dimitrios Koutsonikolas, Saumitra M. Das, and Y. Charlie Hu, “Path Planning of Mobile Landmarks for Localization in Wireless Sensor Networks,” *IEEE International Conference on Distributed Computing Systems*. 2006, pp. 86–86.
39. Wen-Hwa Liao and Yu-Chee Lee, “Localization with Power Control in Wireless Sensor Networks,” *IEEE International Conference on Systems and Networks Communication*, 2006.
40. Dragos Niculescu and Badri Nath, “Ad Hoc Positioning System (APS)”, *GLOBECOM '01*, vol. 5, pp.2926-2931.
41. Drago Niculescu and Badri Nath, “DV Based Positioning in Ad Hoc Networks,” *Telecommunication Systems*, 2003, pp. 267-280.
42. Ricardo Reghelin and Antônio Augusto Fröhlich, “A Decentralized Location System for Sensor Networks Using Cooperative Calibration and Heuristics,” *The 9th ACM International Symposium on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems*, 2006, pp.139-146.
43. Clément Saad, Abderrahim Benslimane, and Jean-Claude König, “A Distributed Method to Localization for Mobile Sensor Networks,” *IEEE International Conference on Wireless Communications and Networking*, 2007, pp. 3058-3063.
44. Jang-Ping Sheu, Jian-Ming Li, and Chih-Shun Hsu, “A Distributed Location Estimating Algorithm for Wireless Sensor Networks,” *IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, 2006, pp. 218–225.
45. Mihail L. Sichitiu and Vaidyanathan Ramadurai, “Localization of Wireless Sensor Networks

- with a Mobile Beacon,” *IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems*, 2004, pp. 174-183.
46. Seshan Srirangarajan, Ahmed H. Tewfik, and Zhi-Quan Luo, “Distributed Sensor Network Localization with Inaccurate Anchor Positions and Noisy Distance Information,” *IEEE International Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2007, pp.III-521-III-524.
 47. Radu Stoleru, Tian He, John A. Stankovic, and David Luebke, “A High-Accuracy, Low-Cost Localization System for Wireless Sensor Networks,” *The ACM 3rd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, 2005, pp. 13-26.
 48. Shuang Tian, Xinming Zhang, Xinguo Wang, Peng Sun, and Haiyang Zhang, “A Selective Anchor Node Localization Algorithm for Wireless Sensor Networks,” *IEEE International Conference on Convergence Information Technology*, 2007, pp. 358–362.
 49. Vijayanth Vivekanandan and Vincent W. S. Wong, “Concentric Anchor Beacon Localization Algorithm for Wireless Sensor Networks,” *IEEE International Transactions on Vehicular Technology*, vol. 56, pp. 2733–2744, 2007.
 50. Chin-Liang Wang, Yao-Win Hong, and Yu-Sheng Dai, “A Decentralized Positioning Method for Wireless Sensor Networks Based on Weighted Interpolation,” *IEEE International Conference on Communications*, 2007, pp. 3167–3172.
 51. Qi YAO, Seng-Kee TAN, Yu GE, Boon-Sain YEO, and Qinghe YIN, “An Area Localization Scheme for Large Wireless Sensor Networks,” *The 61st IEEE Conference on Vehicular Technology*, vol. 5, pp. 2835–2839.
 52. Ganggang Yu and Fengqi Yu, “A Localization Algorithm for Mobile Wireless Sensor Networks,” *IEEE International Conference on Integration Technology*, 2007, pp. 623–627.
 53. Dali Zhao, Yunhui Men, and Linliang Zhao, “A Hop-Distance Algorithm for Self-Localization of Wireless Sensor Networks,” *The Eighth ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing*, 2007, pp. 108–112.
 54. Qing Zhou, Depeng Jin, Lieguang Zeng, and Yuwen Zhou, “Area Concentric Beacons Localization for Wireless Sensor Networks,” *IEEE Conference on Wireless Communications and Networking*, 2008, pp. 2129–2134.
 55. WolframMathWorld <http://mathworld.wolfram.com/>

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

2009 年 12 月 1 日

報告人姓名	俞征武	服務機構 及職稱	中華大學資工系副教授
時間 會議 地點	2009/11/9~12 越南(河內)	本會核定 補助文號	NSC 98-2221-E-216-021 (國科會計劃)
會議名稱	(中文) 第六屆國際資訊技術及應用研討會 (英文) The 6th International Conference on Information Technology and Applications (ICITA 2009)		
發表論文題目	(中文) 解決無線感測網路上的略過問題 (英文) Resolving Pass-Over Problem in Wireless Sensor Networks		
報告內容應包括下列各項：			
一、參加會議經過 11/10 自桃園飛往越南內牌機場因與會時間充裕，因此前往北方下龍灣遊歷。藉此對越南及北越先前的歷史人物作一番認識。對該國人民的善良及苦難，與會學者大多相當的感慨。ICITA 2009 會場於河內的一所大學舉行。我們的論文是討論感測網路上路由(routing problem)上的一個有趣的發現，即 pass over 效應。我們發現此效應對 rumor routing 或類似 protocol 有很大的影響。此論文即是將此影響作一個小小的討論與給與實驗解析。因為是大會的壁報論文(poster paper)和 poster chair 有一些討論及交流。11/12 是會議的最後一天，大會因多方的努力得以圓滿結束。ICITA 此會議先前我曾於 2005 到澳洲雪梨開會參加過一次(ICITA 2005)，那次應是第三屆。當時在雪梨港的晚宴令我永遠難忘。本次大會也貼心地贈與會學者一些茶葉及咖啡粉以資紀念。唯一的遺憾是主辦大學的參與學生外語能力不足，不易提供與會學者充份的資訊。本人於 11/14 返台，結束 ICITA 第二次與會的旅程。希望未來有機會看到 ICITA 不斷地卓壯成長。			
二、與會心得 落後國家的資訊科技實力不強，也許國內各大學可以與之合作以造福這些學生。			
三、考察參觀活動(無是項活動者省略) 參訪河內，下龍灣，及陸龍灣等地。			
四、建議 應鼓勵國內學者與越南大學合作，也許可以解決台灣大學過多的問題。			
五、攜回資料名稱及內容 ICITA 2009 Cd.			
六、其他			

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

2009 年 10 月 24 日

附件三

報告人姓名	俞征武	服務機構 及職稱	中華大學資工系副教授
時間 會議 地點	2009/10/12~15 澳門	本會核定 補助文號	
會議 名稱	(中文) 第六屆 IEEE 國際行動隨意及感測網路系統 (英文) Sixth IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (IEEE MASS 2009)		
發表 論文 題目	本人參加IEEE MASS 2009 並主辦其中的一個workshop (chair): The Second IEEE International Workshop on Wireless Network Algorithm and Theory (WiNA 2009), 因此是大會組織成員故未發表論文		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、參加會議經過</p> <p>10/11 與台北科大劉傳銘教授及其研究生。前往桃園機場。並於 1:40pm 桃園飛往澳門。4:00pm 入住大會指定飯店 regency hotel。6:00pm 前往澳門用餐並欣賞街上雨景。8:00pm 於 regency hotel 值陳建宏教授及其研究生, 相談甚歡。隔天 10/12 為 workshop day 在 Macau University 圖書館舉行,與 MASS local arrangement chair 閒聊後, 因 WiNA 09 session chair I 未出現。於是`我上台 Chair two sessions。中午與 Prof. Yan 及劉傳銘教授一起討論後便參與 MASS 的午餐。午餐值交大陳健教授及簡榮宏教授相談甚歡。下午 Chair a session 並與 Prof. Liu and Prof. Chen 討論一會兒。最後一個 session 結束後與加拿大的 Jade 討論其研究後,便回 regency hotel 準備參與 reception。於 reception 前值交大林一平教授及曾煜棋教授及日本李傑教授相談甚歡, 並共桌用餐。餐後與 program chair 賈小華相戶交換意見。10/13 晨由 Macau University 校長致詞, keynote 為林一平教授。MASS-09 Banquet 於威尼斯人酒店舉行, 我因 organize WiNA-09 獲主辦單位致贈獎牌. IEEE MASS 的創始人 Dharma P. Agrawal 也提及下年度的 IEEE MASS 將會在舊金山舉行. Banquet 與同桌之上海交大梁阿磊教授作短暫討論, 並於餐後觀賞太陽劇團精彩的表演。10/14 回程於澳門機場候機時,碰到 IEEE MASS 的創始人 Dharma P. Agrawal (<i>University of Cincinnati</i>).得知他將前往 Taiwan 訪問演講.我與劉傳銘教授與他閒聊甚歡, 並請求未來有機會邀請他到中華大學演講.</p> <p>二、與會心得</p> <p>有關 ad hoc and sensor networks 之研究目前得到全世界學者的重視, 中國的學者也慢慢迎頭趕上, 台灣的學者需要再加油了. 林一平教授及曾煜棋教授受到主辦單位十分的禮遇, 可見國際上學者本身的實力依舊是最重要的.</p> <p>三、考察參觀活動(無是項活動者省略)</p> <p>四、建議</p> <p>應鼓勵國內學者團隊合作以在重要會議中主導一些議題.並從事頂尖的研究.</p> <p>五、攜回資料名稱及內容</p> <p>六、其他</p>			

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2010/11/17

國科會補助計畫	計畫名稱: 碟圖之理論及應用
	計畫主持人: 俞征武
	計畫編號: 98-2221-E-216-021- 學門領域: 計算機理論與演算法
無研發成果推廣資料	

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：俞征武		計畫編號：98-2221-E-216-021-					
計畫名稱：碟圖之理論及應用							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	3	3	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	1	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>舉辦兩次國際演討會： International Workshop on Performance Evaluation of Wireless Networks (PEWiN-2010) International Workshop on Wireless Network Algorithm and Theory (WiNA 2010)</p>
--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

碟圖的研究十分合適用於思考無線電網路上的基本問題。這計劃的研究不但提醒學者此圖的重要並且提出幾個可能的發展方向，如雙碟圖之研究便需要更多的學者的投入。本計劃的成果應有機會實際運用於無線感測網路上，並且有機會成為一個新的圖論模型。有關降低最大及期望定位估計誤差的問題是否有機會設計出逼近演算法或真正有價值可用於實務上的定位系統，則是一個十分有趣且有挑戰的研究議題。