

粒子族群最佳化應用於干擾電台搜尋

蘇德仁

吳炳輝

國立高雄應用科技大學電子工程系教授

國立高雄應用科技大學電子工程系研究生

e-mail : sutj@cc.kuas.edu.tw

e-mail : 2096305110@cc.kuas.edu.tw

摘要

本文提出以粒子群聚最佳化 (PSO) 模擬演算法應用在干擾電台搜尋。首先依均勻分配 (uniform distribution) 模擬產生接收訊號強度 (receiver signal strength) , 開始進行 PSO 迭代, 量測出在二維空間中目標函數 (objective function) 的最大值, 直到停止條件滿足為止, 其結果能達到干擾電台搜尋的目標。

關鍵詞：粒子群聚最佳化、搜尋。

Abstract

This article proposes a method that applies PSO (Particle Swarm Optimization) to search for the interfering station. Generating RSS (Receiver Signal Strength) from uniform distribution first, we begin the iteration in place of RSS and continue the procedure which measures out the maximum value of the objective function in two-dimensional space until stopping criteria are satisfied. As a result, we can achieve the goal of searching the interfering station out.

Keywords : Particle Swarm Optimization ,

PSO、search

1. 前言

射頻干擾本質上是指未按頻率分配規定的信號占據了合法信號的頻率造成合法信號無法正常工作。因此, 對頻域的分析過程, 就是解決干擾問題的過程, 射頻干擾係指有目的的發射射頻訊號或因射頻裝備產生溢散現象[1]。而對其他裝備所發生之干擾; 最常見的情形即為未經核准之通訊裝備, 如擅自擴展頻率或功率之無線電通信器材, 未經核准之廣播電台與未能通過 EMC 規範之功率放大、訊號調配等設備, 其影響頻譜秩序至深, 小至通訊裝備無故產生雜訊, 大至影響國家安全, 由此見一斑, 如何找到定位射頻干擾源是一項重要的課題。

目前現行的定位的方式有: 三角定位法 (Triangulation)、角度定位法 (AOA)、時間差定位法 (TOA) [2]、訊號強度定位法 (Received Signal Strength ; RSS) , 三角定位法是運用三角幾何特性做物件的定位, 以長度定位的三角定位法, 其定位運作原理是透過測量物件與事先安裝好之多個參考點之距離來計算出物件的位置 [3]。AOA 動作系統的原理是利用指向性天線決定行動訊號來源方向, 此一方向可以決定出以發射台為起點的直線, 經由兩個發射台的交點就是移動訊號可能的位置 (圖1) [3]。TOA 定位系統是將原本以實際距離的部份以時間差的概念來取

代，算出發射器與移動點的時間差再乘上光速即可求出距離[3]。目前全球衛星定位系統是利用三角定位法的概念來得到絕對座標。訊號強度定位法 (RSS) 係藉由發送端發送一個訊號到接收端，接收端所收到的訊號強弱，可以判斷發送端與接收端的距離遠近(圖 2)。首先利用數學模型隨著距離的不同來模組化通道特等性，並描述訊號在通道內所呈現的衰減程度[4]。本文提出使用 PSO 模擬，假設每一個粒子如同一干擾電台在 AOA 交測範圍內二維空間(X,Y)移動，而接收機接收到那個粒子所在位置所表現出的場強值(適應值)。每個最佳化問題的解(每一個解都代表一個位置)都是空間中的一隻鳥，稱之為「粒子」解，即適應值(Fitness Value)，當接收機用指向性天線量測值最大時干擾電台位置即可得。本論文後續的章節安排如下，第二節中將會介紹問題描述(分析射頻干擾源及測向問題)，第三節介紹利用粒子群聚最佳化 (Particle Swarm Optimization, PSO) 演算法，由演算法做定位的方法，第四節中將進行 PSO 的模擬與結果顯示，第五節將對本篇論文做個結論。

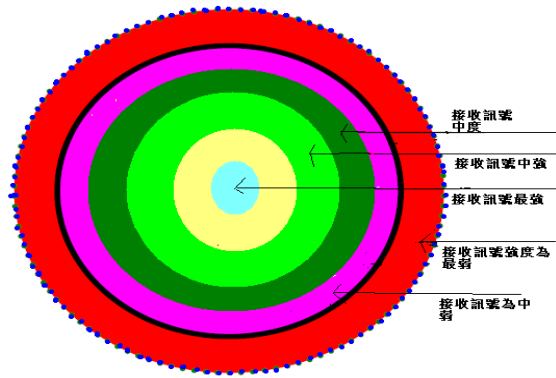


圖 2、訊號強度定位法

2.問題陳述(干擾源及測向)

干擾分析可從干擾源，干擾路徑及受干擾者三方面進。干擾訊號可分 a.連續性雜音干擾 b.不連續性雜音干擾，射頻干擾源分析，可分為固定頻率干擾、強信號對弱信號的干擾以及互調干擾等[5]。進行干擾源通用的測試儀為頻譜儀、測試接收機、場強儀等。分析儀顯示干擾”指紋”包含了重要的識別特徵，而根據調變方式的不同，調變訊號的特徵也不同。舉例 121.1MHz 受持續性雜音干擾(圖 3)監測站監聽比對 90MHz 的信號，該干擾信號播音內容與 121.1MHz 一樣，則 90MHz 載波可以定出，接著搜尋干擾源位置。干擾源如果分佈在山區或高樓大廈林立使得多重反射及繞射及散射，造成測向不準確舉例如 2 維空間如下 3 臺 DF(Direction Finding)交於 2 點(圖 4)A 點 DF 測向方位順時為 20 度、場強值 80dBuV/m，B 點 DF 測向方位順時為 5 度、場強值為 70dBuV/m，C 點 DF 測向方位順時為 260 度、場強值為 75dBuV/m，4 臺 DF 點交於 4 點(圖 5)。abcd 方形代表測向的誤差範圍因 A 點場強值比較大方形會偏向 A 點。測向線會因為地形關係誤差。本文主要使用 PSO 模擬搜尋方形內誤差範圍。

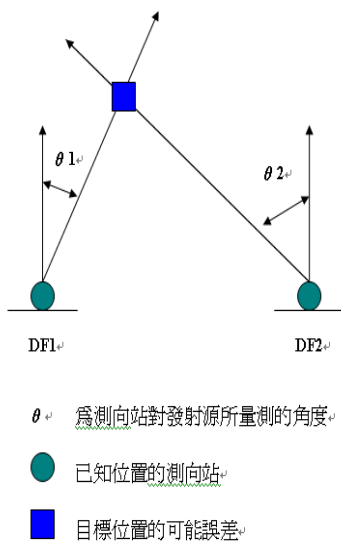


圖 1、角度定位法示意圖

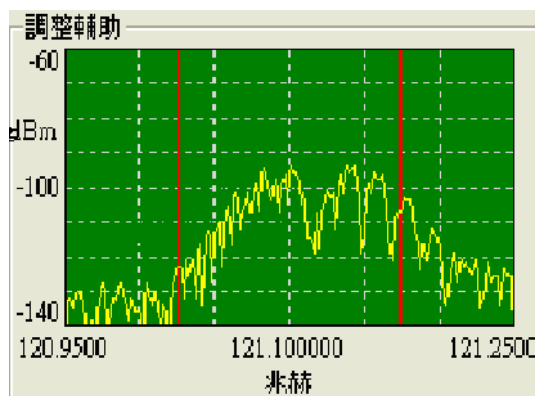


圖 3、121.1MHZ 受持續性雜音干擾

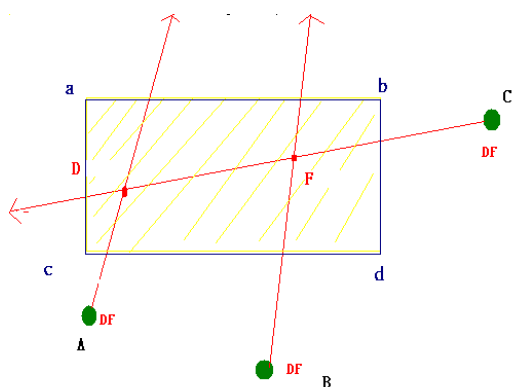


圖 4、3 臺 DF 交於 2 點

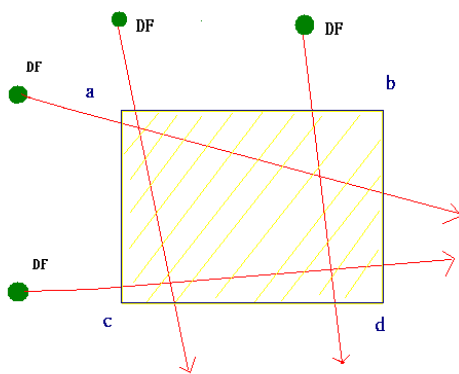


圖 5、4 臺 DF 交於 4 點

3. 粒子群聚最佳化 (Particle Swarm Optimization, PSO) 演算法

在 90 年代開始，藉由模擬自然界生物的群體行為，進而發展為最佳化演算法的研究成為一種主流。主要由於自然界生物群體行為，其覓食模式或演化方式的精神極為類

似於最佳化過程的訴求。而模擬的對象經由模組化後，往往都能有效的運用於最佳化問題並發展成完善的最佳化方法。

粒子群最佳化為進化計算 (evolutionary computation) 方法的一種。於 1995 年時，由 R. Eberhart 與 J. Kennedy 提出[6]。它的基本概念來自於社會行為的模擬，在一個社會群體中，每一個個體的行為不但會受到過去經驗及認知的影響，同時也會受到整體社會的影響。經由許多生物學者所提出模擬魚群或鳥群覓食行為的模組與準則，以及觀察人類的決策過程，所採用的個體學習與文化傳遞的觀念，在此演算法中，每一個個體在搜尋空間中各自擁有方向及速度，並且根據自我過去經驗與群體行為，進行機率式的搜尋，依靠群體搜尋及告知，達到最佳化的目的。由於 PSO 演算法需要調整的參數較其他演算法少，並且淺顯易懂、方便應用，至今成為一種能力極佳的最佳化工具。在 PSO 中，每個最佳化問題的解體(每一個解都代表一個位置)都是空間中的一隻鳥，稱之為「粒子」。解，即適應值(Fitness Value)，它透過適應值函數(Fitness Function)計算出來的[7]。

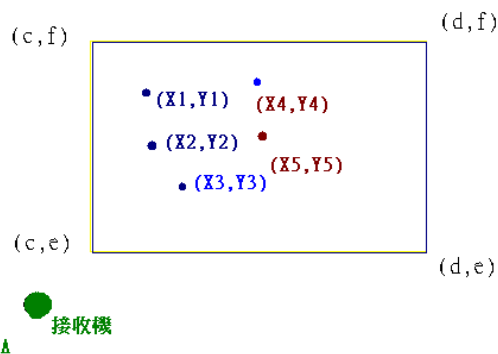


圖 6、場強值分佈

本文提出使用 PSO 模擬干擾電台搜尋，首先假設每一個粒子如同一干擾電台在 AOA 交測範圍內二維空間(X,Y)移動，而接收機收到那個粒子所在位置所表現出的場強值(Pr)。當接收機量測值最大時干擾電台位

置可得圖 6 的結果。PSO 在方形內隨機均勻分佈撒點一群粒子(干擾電台) $N_1(X_1, Y_1), N_2(X_2, Y_2), \dots, N_n(X_n, Y_n)$ 。當 A 接收機收到 N_1, N_2, \dots, N_n 的場強值目標函數：

$$Z = \text{Max}(\text{Pr}) \quad (3-1)$$

限制式, $c \leq X \leq d, e \leq Y \leq f$

如圖 7 在方形聯合均勻分佈(Joint uniform distribution) 笛卡爾積 $I_1 \times I_2$, 包括所有 (t, u) 範圍在 $c \leq t \leq d$ and $e \leq u \leq f$ (i.e., $t \in I_1$ and $u \in I_2$).

$$\begin{aligned} P(X \in M, Y \in N) &= P((X, Y) \in M \times N) \\ &= P(X \in M)P(Y \in N) \end{aligned} \quad (3-2)$$

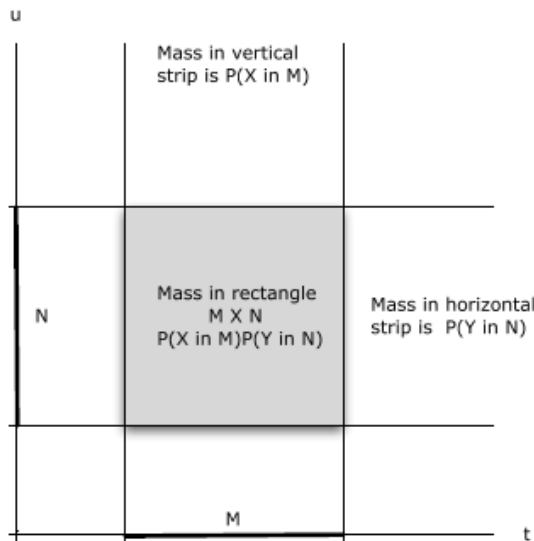


圖 7、Joint Uniform Distribution on a Rectangle

速度更新法則式：

$$\begin{aligned} v_{id}^j &= v_{id}^{j-1} + c_1 \times \text{rand}() \times (p_{id} - x_{id}^j) \\ &\quad + c_2 \times \text{rand}() \times (p_{gd} - x_{id}^j) \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$x_{id}^{j+1} = x_{id}^j + v_{id}^j \times \Delta t \quad (3.4)$$

$$x_{id}^{j+1} = x_{id}^j + v_{id}^j \quad (3.5)$$

其中 x_{id} ：每一 Particle 目前的所在位置

V_{id}^j ：每一 Particle 在第 d 維之速度

i ：每一 Particle 之編號， d ：維度， j ：為目前的世代數

w ：Inertia Weight

c_1 及 c_2 ：為等加速度常數或學習常數

$\text{rand}()$ ：表示均勻分佈於 $[0, 1]$ 之間獨立的隨機變數

p_{id} ：為粒子個體最佳值於維度 d 所處的位置

p_{gd} ：所有 Particle 到目前為止，所出現的最佳位置

粒子將根據目前在設計空間所處的位置 x_{id}^j ， j 為目前的世代數；並遵循 Eberhart 與 Kennedy 最初所提出的速度更新法則式(3.3)與式(3.4)，更新粒子前進的速度 v_{id}^j ，並獲得其在設計空間中的新位置 x_{id}^{j+1} [8]。 $\text{rand}()$ 表示均勻分佈於 $[0, 1]$ 之間獨立的隨機變數，其作用主要是做為各個粒子朝 g_{best} 與 p_{best} 前進速度的權重，使粒子位置的更新(update position)能更具多樣性； Δt 為時間差，因此式(3.4)可將 Δt 省略改寫成式(3.5)。由式(3.3)，我們可以計算出此次更新的速度向量，再利用式(3.6)更新粒子的位置朝 g_{best} 附近移動搜尋最佳值[9]。

4. PSO模擬結果

演算法模擬的初始條件為：(1)族群大小為 7 個粒子 (2) 3600m 至 900m 為其搜尋的方形範圍；其中 global Value 是指至目前世代的群體最佳值。圖 8 為 PSO 模擬第一次撒點的情形，指出 PSO 分別在 7 個粒子每一個粒子如同干擾電臺在二維空間 (X, Y) 移動。圖 8~10 實驗結果可得知，有一個粒子都是一個本能問題的候選解，粒子群會參考個體的最佳經驗，選擇修正的方式，經過不斷修正之後，粒子群會漸漸接近最佳解。圖 8 為 PSO 搜尋過程第 1 代的情形，其最佳適應函數場強值 g_{best} 為 -57.10 dBm。

圖 9 為 PSO 搜尋過程第 10 代的情形，其最佳適應函數場強值 gbest 為 -52.35 dBm。

圖 10 為 PSO 搜尋過程第 25 代的情形，其最佳適應函數場強值 gbest 為 -51.53 dBm。

。直到第 23 代至第 25 代場強值維持在 -51.53 dBm 附近時收斂時條件停止，由此值可判斷在區域內最大場強值，故干擾電台位置可得知。

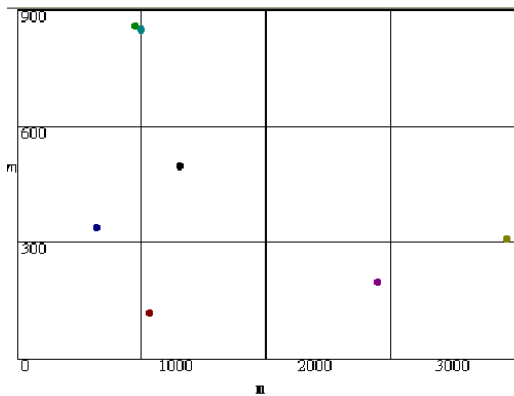


圖.8 模擬搜尋過程-第 1 代的情形

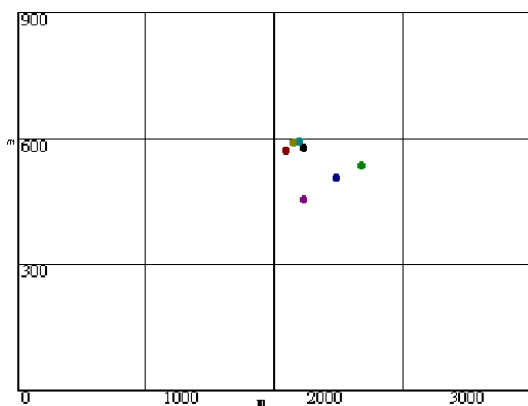


圖 9. 模擬搜尋過程-第 10 代的情形

如圖 11 所示 X 軸為代數，Y 軸為場強值，其中是指至第 1 代至第 40 代，當 PSO 搜尋過程第 23 代至第 25 代場強值維持在 -51.53 dBm 收斂時干擾電台位置可得知。由圖中可發現藉由 PSO 演算法可快速且有效的搜尋到最佳化的目標，降低誤差範圍找到干擾源的接近位置。

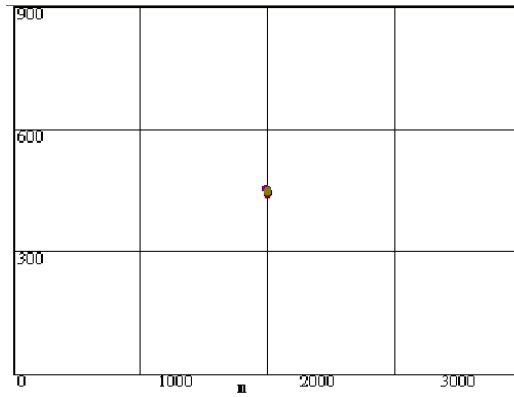


圖.10 模擬搜尋過程-第 25 代的結果

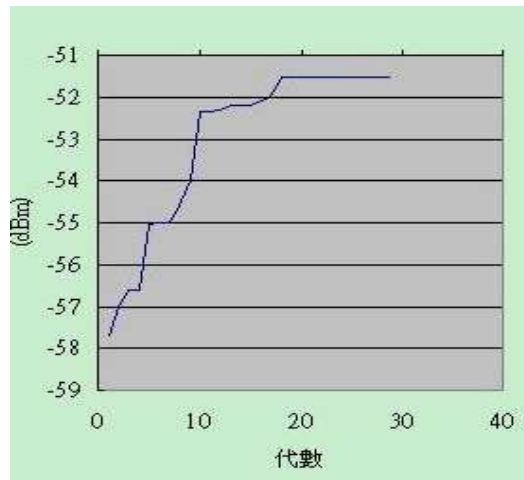


圖.11 代數與場強值

5. 結論

從問題分析干擾源，在山區或高樓大廈林立，使得多重反射、繞射及散射，雷達測向站因山路狹窄無法進入，致使在某些範圍內有誤差。在本研究中，我們提出由 PSO 模擬，藉由求目標函數最大適應值進行 PSO 迭代，直到停止條件滿足為止，其結果能達到搜尋干擾電台目標。由已知的誤差方形範圍外選擇最高的位置，利用一台接收機接收場強值，找到干擾源的精確位置。

在未來研究上，我們將針對 PSO 在大範圍的部份。主要原因是 PSO 要在範圍小時，粒子才會快速的收斂及搜尋。目前研究於範圍大時會產生需要花費許多的時間及粒子數的問題。

6. 參考資料

- [1] 董光天 電磁干擾防制與量測 全華

- 2008 年5月。
- [2] Antonio Caruso, Stefano Chessa, Swades De, and Alessandro Urpi “GPS Free Coordinate Assignment and Routing in wireless sensor”, IEEE Infocom 2005.
- [3] Frank Yeong-Sung Lin, Tai-Chung Wang, Hui-Ling Liu, Ta-Chun Chen, Keng-Hong Yeh, Kun-Wei Lai ” IEEE 802.11b.
- [4] P. Bahl and V. Padmanabhan, ” RADA R : An In-Building RF-Based User Location and Tracking System” , In Proc. of the IEEE INFOCOM 2000, Tel-Aviv, Israel, March 2000.
- [5] 太克行動網路干擾排除-基礎理論與實測案例 2004。
- [6] J. Kennedy, R. Eberhart, “Particle swarm optimization”, IEEE International Conference on Neural Networks, vol. 4, pp.1942-1948, 27 Nov 1995.
- [7] C. W. Reynolds, “Flock, Her Computer Graphics, Vol. 21, pp.25-34, No. 4, 1987.
- [8] X. Shenheng, R. S. Yahya , “Boundary conditions in particle swarm optimization revisited”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 55, NO. 3, pp. 760-765, March 2007.
- [9] Hsieh-Ju Wang, Te-Jen Su and Sherman Ong, “A GEO Satellites Tracking System of the Moving Ground Station”, International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong, vol. 2, pp. 1062-1065, 19-21 Mar, 2008.
- [10] Paul E Pfeiffer, ” Independent Classes of random variables” Connexions module:m23321.