

以多邊定位、感測器連結性及選取種子感測器求解 感測網路定位問題

林子欽

成功大學資訊管理研究所

無線感測網路(Wireless Sensor Network, WSN)是由數個集感測、通訊與計算能力於一身的感測器組成，廣泛地應用在諸多領域中，然而大部分的應用皆需要配合感測器的位置，感測所得的資料才具有價值。本研究探討的感測網路定位(Sensor Network Localization, SNL)問題旨在利用軟體的計算能力降低實體的定位成本，亦即不在所有感測器裝備定位元件，而是僅使用少數位置已知的錨點(Anchor)感測器，透過感測器之間的距離資訊來自動定位其它位置未知的流點(Sensor)感測器，當大規模隨機佈署感測器時，如何快速且準確地定位感測器即是一大挑戰。文獻顯示當前SNL問題的兩大瓶頸為大規模WSN的定位以及使用帶誤差(Noise)的距離資訊來定位，又因感測器的訊號範圍有限且感測器間距離的量測通常不精準，在距離資訊不足且帶有誤差的情況下，當感測網路含有數百甚至數千個感測器時，其求解的困難度將大幅增加，而誤差也會在求解過程中被放大，以致求解時往往難以兼顧速度與準確度。

可定位程度(Localizability)是求解SNL的基礎，由於SNL的求解演算法通常僅能應用於可定位的WSN，可定位程度的檢驗有助於減少無謂的計算與資源消耗，並且可加強WSN的控制與管理，例如我們可針對不可定位的WSN加強感測器的佈署，提高其可定位程度。本研究首先探討文獻中可定位網路的條件與特性，發展一個檢驗可定位程度的演算法Loc_Idx，藉此演算法可判定一個WSN中可定位流點的比例，並將流點分為三類，依此分類能更有效的評比定位演算法的效能。

SNL問題可規劃成一個無限制式的非線性最佳化問題，為能在短時間內精確定位大規模的WSN，本研究提出的定位演算法Grad_MSA以梯度法(Gradient Method)為基礎，對較易定位的流點以幾何性質與感測器連結性(Connectivity)構成的多邊定位法(Multilateration)來快速地定位；而對於較難定位的流點，使用最短路徑補強未知的距離資訊，並利用感測器連結的合理性建構區域調整機制，將流點調整到合理的位置，在求解過程中將部分有可靠定位結果的流點當作錨點來輔助其它流點定位，如此重複這些步驟來收斂各流點的定位。

本研究亦進一步探討極少錨點或無錨點(Anchor-free)感測網路的定位問題，發展無錨點網路的定位演算法不但有助於解決極少錨點的SNL問題，同時也可延伸SNL的解法到其它領域，例如分子構形(Molecular Conformation)問題。本研究提出的無錨點定位演算法Grad_SS係以種子感測器充當WSN中的錨點，而後以Grad_MSA求解，其中種子感測器的選擇攸關無錨點定位的成效，本研究基於貪婪法的精神，提出最大度數法與最大體積法等二種方法來選取種子感測器。

<續下頁>

實驗結果顯示，Grad_MSA中的迭代多邊定位法、最短路徑擴增人工節線與區域調整機制同時使用時能發揮綜效，並針對感測網路中各種不同定位難度的節點定位，其中尤以迭代多邊定位法的成效最顯著，當節線與錨點充足時能快速且準確地定位。與Kim et al. (2009)使用半正定規劃(Semidefinite Programming)的SFSDP演算法比較，對於任何可定位程度的網路，本研究的Grad_MSA演算法均能達到較快且較準確的定位，且對於同規模的網路，隨著網路的可定位程度愈高，運算時間就愈短；而定位無錨點的網路時，Grad_SS演算法也擁有較SFSDP良好的定位精準度，且運算時間隨著網路規模的增長速度也較慢，並能求解三維空間中的分子構形問題，對於含有一萬餘個節點的大規模網路，Grad_SS能在3分鐘內達到相當精準的定位效果。

本研究由SNL問題中發現更多仍待解決的問題，其中網路的定位程度檢驗仍處於萌芽階段，發展一個能檢驗節點可否定位的演算法，除了有上述的益處以外，還能用以開發可靠的標竿測試資料，並能輔助無錨點定位演算法選擇種子感測器。此外，SNL問題屬於歐氏距離幾何問題(Euclidean Distance Geometry Problems)中的一環，將SNL解法一般化將有助於應用於更多相似的問題，因此無錨點的定位演算法值得繼續發展。

關鍵字：感測網路定位問題、可定位程度、無限制非線性規劃、多邊定位法、梯度法