

逢 甲 大 學
資 訊 工 程 學 系 碩 士 班
碩 士 論 文

無線感測網路建構於虛擬網格
之壅塞避免機制

VGCA: A Virtual Grid-Based Congestion
Avoidance Scheme for Wireless Sensor
Networks

指導教授：黃志銘

研 究 生：李俊億

中 華 民 國 九 十 八 年 七 月

中文摘要

近年來因微機電技術增進與生態環境監控需求增加，感測網路(Sensor Networks)的應用及重要性與日俱增，而其中無線感測網路(Wireless Sensor Networks)因具便利與無線傳輸優良等特性，更顯出其在感測網路中之重要性。

無線感測網路應用中，雖然在商業上與軍事上並不盡相同，但其需要改進的弱點卻是一致的，例如生存時間(Lifetime)、能源效益(Energy Efficiency)、封包到達率(Delivery Rate)，以及最大傳輸率(Throughput)等。

無線感測網路是一種隨意架構網路(Ad-hoc Networks)，其傳輸方式是透過感測節點(Sensor Nodes)間轉送(Relay)，利用單躍式(Single-Hop)或是多躍式(Multi-Hop)的技巧來傳輸資料，因此並不像基礎式網路(Infrastructure Networks)可以有效的統一管理網路流量狀態，無形中將浪費許多有限能源，造成網路生存時間縮短、能源效益下降、封包到達率減少等問題。

而在資料傳輸過程中，因流量壅塞(Traffic Congestion)所造成封包丟棄(Packet Drop)行為，是最浪費能源的情況之一。由於在丟棄封包之前，整個網路已耗費大量能源來處理此一封包，這對能源使用效益上是極為不利的；所以如何減少封包丟棄數量是一個相當重要的議題。通常封包被丟棄的原因有兩種：其一為節點層壅塞(NLC，Node-level Congestion)；當感測節點內之緩衝區(Buffer)因自身感測或協助轉送的封包發生溢位(Overflow)，則造成封包丟棄；其二為鏈結層壅塞(LLC，Link-level Congestion)；當有兩個以上之感測節點同時傳輸，並且存在彼此碰撞範圍內(Collision Domain)，此時就會因發生電波干擾(Interference)，讓雙方無法完整將封包送出；流量壅塞解決方式，在資料的繞徑協定(Routing Protocol)上一直就扮演重要關鍵。

先前的研究文獻中，一般將解決機制分為流量控制(Traffic Control)與資源控制(Resource Control)兩大類型：流量控制類型或稱為 Backpressure 作法，主要使用控制封包(Control Packet)去降低來源節點(Source Node)產生封包的速率；資源

控制類型則利用其他感測節點來組成新的迂迴路徑(Detour Path)，以便疏散原先壅塞的封包。

在本論文中，我們提出一個新的壅塞避免機制來解決流量壅塞問題，並稱之為虛擬網格之壅塞避免機制(VGCA: Virtual Grid-based Congestion Avoidance scheme)；在 VGCA 機制中，我們同時從三個不同方向去解決壅塞情況： 1).利用兩種不同強度的傳送訊號控制來減輕鏈結層壅塞(LLC)發生的機率， 2).透過有效的緩衝區管理機制去避免節點層壅塞(NLC)發生的次數， 3).藉助虛擬網格架構上繞徑的特性，使用多條迂迴路線，增加整體的頻寬容量，舒緩壅塞的資料流。另外，VGCA 機制中的 Talon 模式節點將加速能源消耗，為避免感測節點因提昇為 Talon 模式而加快死亡時間，導致感測節點間的存活時間(Lift time)不平均，本論文提出虛擬網格轉移(Grid Shift)概念，將提昇 Talon 模式的必要條件做動態調整，使各感測節點有機會輪流擔任中繼節點(Intermediate Node)工作，平衡感測節點間能源消耗量，延長網路存活時間。

在本論文最後，我們使用 NS-2 網路模擬軟體驗證我們所提出的機制，模擬結果證明，相較於先前的一些作法，例如 Backpressure、TARA 與 NCC(No Congestion Control)，在壅塞封包丟棄數量上，平均分別約減少 51%、45%、及 80%；在封包抵達率(Delivery Rate)上平均約提升 14%、9%、與 41%；至於節點能源耗損上，則分別提昇 31%、30%、與 52%的效益。因此相較於先前文獻所提出的壅塞避免機制，VGCA 機制能更有效避免壅塞發生，同時維持較高的封包抵達率，並提昇總體能源使用效益。

關鍵詞：壅塞避免、無線感測網路、網格架構、流量控制、資源控制

Abstract

Traffic congestion avoidance is a critical issue associated with data routing in Wireless Sensor Networks (WSNs). Previous researches employ either traffic or resource control strategies as solutions. In this paper, we propose an energy-efficient grid-based traffic congestion avoidance scheme in WSNs, termed as VGCA (Virtual Grid-based Congestion Avoidance scheme). With our mechanism, the used to avoid congestion come from three folds: 1) we use two different transmission power levels to alleviate the link-level congestion (LLC); 2) we also employ an effective buffer management approach to avoid node-level congestion (NLC); and 3) based on virtual grid routing frameworks, a multi-path detouring technique is adopted to increase the channel capacity for congested traffic flows. In addition, since can be one or two modes: talon or normal, and in Talon mode, the transmission range is double length than that in normal state, so that a node could consume energy considerably. To prevent Talon nodes from dying faster, grid-shifting operation must be periodically performed to switch the roles of nodes.

Extensive simulation results show that our proposed VGCA scheme is superior to other existing protocols. Comparing to Backpressure, TARA, and naïve (without congestion control) schemes, the improvement on the number of dropped packets can be achieved to about 51%, 45%, and 80%, the improvement on the packet delivery rate can be achieved to about 14%, 9%, and 41%, and the amount of power consumption can be improved to about 31%, 30%, and 25%, respectively.

Keywords: Wireless Sensor Networks, Congestion Avoidance, Grid Routing, Traffic Control.

目錄

誌謝.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iv
目錄.....	v
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 導論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機.....	6
第二章 目前相關研究.....	9
2.1 流量控制類型.....	9
2.1.1 C.C.F.機制.....	9
2.1.2 C.O.D.A.機制.....	11
2.1.3 C.A.L.B.機制.....	13
2.2 資源控制類型.....	16
第三章 VGCA 壅塞避免機制.....	18
3.1 VGCA 機制下環境假設條件與符號定義.....	19
3.1.1 環境假設條件.....	19
3.1.2 符號定義.....	20
3.2 VGCA 運作機制.....	21
3.2.1 虛擬網格建構與特性.....	21
3.2.2 流量壅塞避免機制.....	25
3.2.3 動態虛擬網格轉移機制.....	29
第四章 模擬結果與分析.....	31
4.1 模擬環境設定.....	31
4.2 壅塞發生率比較.....	32
4.2.1 節點層壅塞(NLC)減少比率.....	32
4.2.2 鏈結層壅塞(LLC)減少比率.....	33
4.2.3 資料封包抵達率.....	34
4.3 能源使用效率增加比率.....	35
第五章 結論與未來研究方向.....	37
5.1 結論.....	37
5.2 未來研究方向.....	38
參考文獻.....	39
Vita.....	43

圖目錄

圖 1.1 節點層壅塞(NLC)發生原因	3
圖 1.2 鏈結層壅塞(LLC)發生原因	3
圖 1.3 路徑選擇與耗能-1	6
圖 1.4 路徑選擇與耗能-2	7
圖 2.1 父節點計算資料產生速率	10
圖 2.2 Hidden-terminal Problem	13
圖 2.3 $\frac{1}{6}$ -Buffer Solution	14
圖 2.4 感測節點傳輸範圍覆蓋情況	15
圖 2.5 TARA 與 Detour Path 建構	16
圖 3.1 建構虛擬網格	21
圖 3.2 虛擬網格架構與配置	22
圖 3.3 VGCA 機制傳輸模式	23
圖 3.4 感測節點競爭成為 Talon	24
圖 3.5 VGCA 機制中資料傳送路徑	26
圖 3.6 動態虛擬網格轉移	29
圖 4.1 節點層壅塞(NLC)丟棄封包數量比較	33
圖 4.2 鏈結層壅塞(LLC)丟棄封包數量比較	34
圖 4.3 資料抵達率比較	35
圖 4.4 能源消耗比較	36

表目錄

表 3.1 VGCA 第一、二階段之演算法	27
表 4.1 模擬環境參數.....	32