

提升 IEEE 802.15.4 在異質共存網路中之傳輸機率

李宗翰,謝明駿,張林煌*,溫智皓,江宏修

國立臺中教育大學,資訊工程學系

thlee@mail.ntcu.edu.tw, BCS100101@gm.ntcu.edu.tw, lchang@mail.ntcu.edu.tw,

{ BCS100102, BCS100110}@gm.ntcu.edu.tw

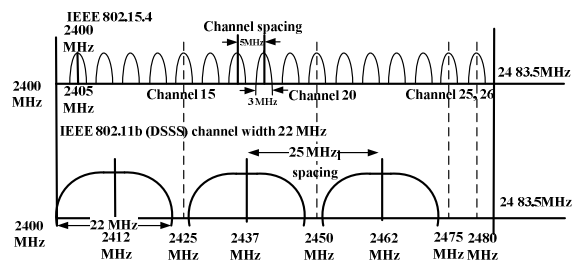
摘要

隨著科技的進步,無線網路相關技術已經充分的應用在人們的生活之中,以智慧型手機為例,在其嵌入式系統中已整合了至少四種以上之無線通訊技術。因此,無線通訊的應用已逐漸朝向異質無線技術整合方向發展,相關的無線通信技術,包括 IEEE 802.11 (WLAN)、IEEE 802.15.4 (Zigbee)、IEEE 802.15 (Bluetooth) and IEEE 802.16 (WiMAX)等無線通訊網路,在如此眾多的無線技術共存的环境,我們通稱為異質無線網路。其中 IEEE 802.11b/g/n 和 IEEE 802.15.4 在 2.4 GHz 頻帶為這兩種規範重疊的部分。IEEE 802.11 和 IEEE 802.15.4 因各自具有明顯的特點,並且許多特性具有互補性,將二者相結合具有很好的應用前景。因此在本研究中,我們將以 IEEE 802.11 和 IEEE 802.15.4 無線技術所共存的異質無線網路環境為例,針對 IEEE 802.15.4 在同頻段上的影響,並提出能有效提升其傳送機率的方法。

關鍵詞：IEEE 802.11、IEEE 802.15.4、異質共存網路

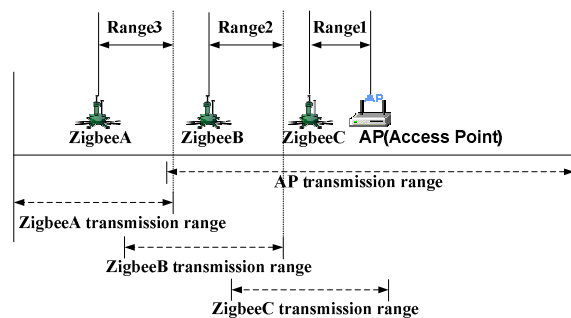
1. 簡介

本研究將以 IEEE 802.15.4 作為研究之核心,著重於如何提升處於 2.4 GHz 頻帶異質共存無線網路環境下無線感測網路的封包傳輸率。當異質無線網路技術處於同一頻率上並同時使用,如沒有妥善安排相互間的排程機制,各無線技術間將會發生嚴重的干擾問題,此一干擾即為同頻干擾 (Co-Channel Interference)。如圖一所示,當 IEEE802.11 b, g/Wi-Fi[1,2,3] 協議 IEEE802.15.4/ZigBee[4]協議共存於 ISM 2.4 GHz 頻帶,IEEE802.11b 在 2.412 到 2.462GHz[5]之間一共有 11 個頻道;每通道佔用 22 MHz,可有 3 個獨立通道可以同時使用且互不影響。而 IEEE 802.15.4 在 2.4GHz 和 2.4835GHz 有設有 16 個頻道。每個通道佔用 3 MHz。然而,此二種通訊協定,在傳輸功率、傳輸距離與傳輸速率上有著相當大的差異。



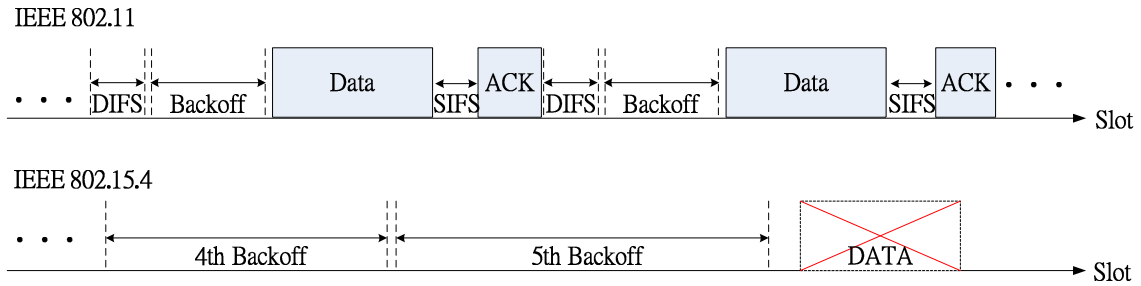
圖一、IEEE 802.15.4 與 IEEE 802.11-based 技術在 2.4GHz 頻段的使用情況

因此本研究的研究目標,即是著重於如何提升 IEEE 802.15.4 在異質共存網路中的傳輸機率;接下來我們將探討 IEEE 802.11 與 IEEE 802.15.4 在共存環境中封包的運作過程。如圖二所示,我們將同頻干擾細分為以下三個區段並逐一定義。



圖二、IEEE 802.11 與 IEEE 802.15.4 共存環境示意

- Range1: IEEE 802.11 和 IEEE 802.15.4 互相可以聽到彼此正在傳輸;
- Range2: IEEE 802.15.4 可以聽到 IEEE 802.11 正在傳輸,但是 IEEE 802.11 聽不到 IEEE 802.15.4 正在傳輸;
- Range3: 由於距離較遠,IEEE 802.15.4 與 IEEE 802.11 相互間均無法接收彼此之訊號。



圖三、在模擬中Range1環境下IEEE 802.11與IEEE 802.15.4封包傳送過程

本論文將針對在 Range1 環境下，IEEE802.11對於IEEE 802.15.4的影響做詳細的分析。

在文獻[6,7,8]中作者提出了不同的干擾模型進行模擬，模擬結果顯出可以有效降低BER與PER。在文獻[9,10]的作者都是利用能量檢測判斷是否有干擾，而[9]中作者分析出 Safe Distance與Safe Offset Frequency，並提出避免干擾演算法，在適當的時機切換到安全的頻寬因而避免干擾。在文獻[10]中作者建置 switching table與neighbor table好讓頻段的切換，切換至干擾較低的通道進行傳輸，因此減少因干擾而造成封包的遺失。而在文獻[11]中作者在IEEE 802.15.4節點路徑傳輸之間多建置一個節點，此節點主要用於偵測在傳輸範圍內是否有IEEE 802.11干擾源的存在。若有，將傳送忙碌訊息使IEEE 802.11感知其傳輸範圍內有IEEE 802.15.4節點正在傳輸；直到IEEE 802.15.4節點的封包傳送完為止。

在文獻[12,13]中作者分析出干擾原因，並在MAC層利用封包排程機制來避免干擾的發生。Yuan [13]，特別有考慮到Range1~ Range3所造成的干擾差別。在文獻[14]中作者提出MCSP (Multi-Canal Scheduling Protocol)，主要是以通道切換與路由同步避免IEEE 802.11的干擾。

在文獻[12~14]中都是針對MAC層的封包排程機制進行研究，而在文獻[6~10]必須是在Range1的範圍內進行探討研究。大多文獻都針對Range2範圍所造成的干擾進行探討，雖然在Range2範圍對IEEE 802.15.4的影響的確相當大；但卻都忽略掉Range1的重要性。雖然在IEEE 802.15.4 MAC layer 中的CSMA/CA機制就可以避免在Range1共存環境下的干擾；所以本篇論文將會針對Range1進行研究探討。而在Range3的環境下雖然也會受到IEEE 802.11的干擾但是因為距離太遠，所以對IEEE 802.15.4的傳輸並不會有太大的影響。

本篇論文中我們將分析IEEE 802.15.4在異質共存網路中所造成之影響，並比較經由動態調整IEEE 802.15.4的封包長度與IEEE 802.11的封包發送間隔時間，而達到提升IEEE 802.15.4傳輸機率的目的。在第二節中，本論文將分析 Range1 在共存環境下，對於IEEE802.15.4傳輸效率的影響；第三節會詳細分析經由動態調整IEEE 802.15.4的封包長度與IEEE 802.11的封包發送間隔時間後的結果；最後將總結本篇論文。

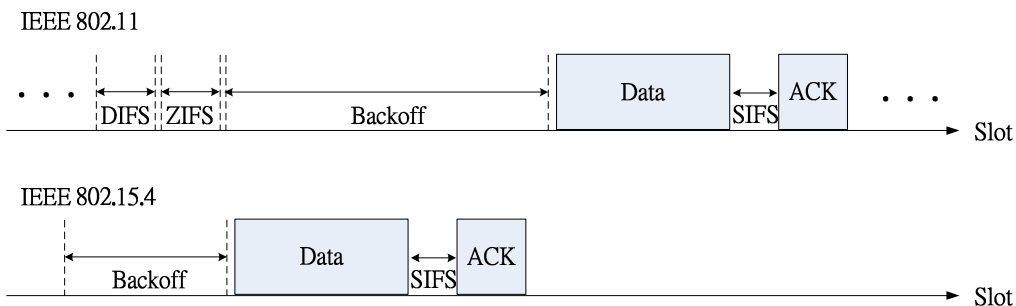
2. Range1 中 IEEE 802.11 對 IEEE 802.15.4 的影響

本節將針對當 IEEE 802.11 與 IEEE 802.15.4 共存於在 Range1 情形下，對於 IEEE 802.11 對於 IEEE802.15.4 的同頻干擾所造成之影響做詳細的分析。我們參考文獻[15]以及文獻[16]中，描述 IEEE 802.11 與 IEEE 802.15.4 之狀態機，以首先我們使用 PRISM [17]分析軟體，基於如圖三 Range1 的環境中分析 IEEE 802.11 對 IEEE 802.15.4 的影響，其相關參數設定則如表 1 所示。

表 1 模擬相關參數與配置

	802.15.4	802.11b
DATA Size (slot)	14	300
Retry Limit	3	7
CWmin	$7(2^3-1)$	$31(2^5-1)$
CWmax	$31(2^5-1)$	$1023(2^{10}-1)$
Backoff-max	5	6
A Slot Time	320 μ s	20 μ s
DIFS		50 μ s
SIFS	192 μ s	10 μ s

兩者在協議方面之比較，WI-FI (IEEE 802.11)的資料傳輸型態較適合於大量的資料傳輸。相對的，Zigbee (IEEE 802.15.4)則較適



圖四、在模擬中 Range1 環境下加入 ZIFS 後 IEEE 802.11 與 IEEE 802.15.4 封包傳送過程

合低速率且長度較短的封包傳送。所以我們在 Prism 中讓 IEEE 802.11 送出長度均為 300 slots (以 802.11 協議為基準)的連續封包，並針對傳送 14 slots 長度之 IEEE 802.15.4 單一封包做為分析之依據。圖三中所呈現之上半部為 IEEE 802.11 封包傳送結果，而下半部為 IEEE 802.15.4 的傳送結果。

從表 1 中可以發現 IEEE 802.11 與 IEEE 802.15.4 的 Slot Time 是以不同的時間單位為基礎，IEEE802.15.4 之 Slot Time 長度為 IEEE 802.11 之 16 倍。IEEE 802.11 有較短的 DIFS 而擁有優先送出封包的優勢，因此每當 IEEE 802.15.4 進行傳送前的空閒頻道評估(CCA, Clear Channel Assessment)，將會聽到正在傳送的 IEEE 802.11 封包，而導致進入 Backoff 狀態；當 Backoff 次數達到最大限制次數時，此一 IEEE 802.15.4 封包會因此丟棄。所以若沒有適當的協調機制，IEEE 802.15.4 的封包可以傳送成功的機率將微乎其微。

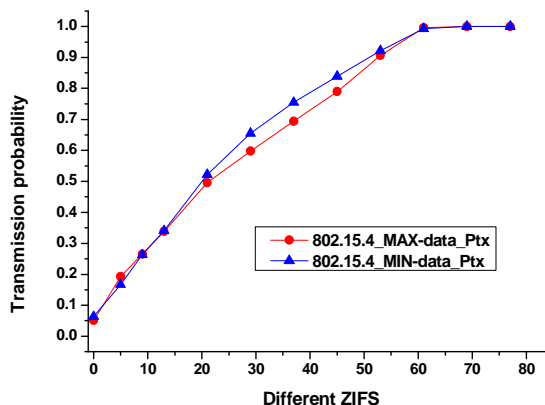
3. Range1 環境中之模擬結果

接續上一節中分析在 Range1 共存環境下 IEEE 802.11 與 IEEE 802.15.4 的封包傳送之影響。本節將提出一個可以提升 IEEE 802.15.4 在無線異質網路環境下的傳輸機率的機制。

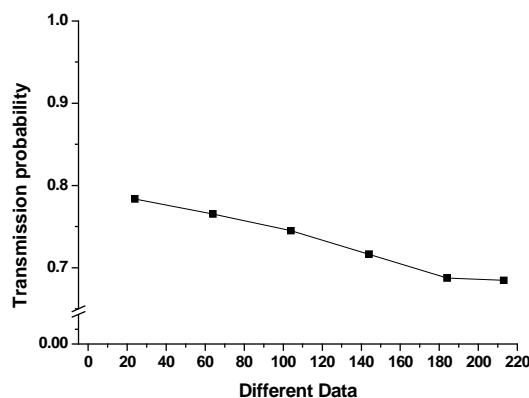
經由上一節的分析，我們了解因 IEEE 802.11與IEEE 802.15.4兩者因協議所規範之機制的差異，導致IEEE802.15.4在同頻通道的競爭機制下，呈現非常不公平的比例。因此我們將 IEEE 802.11 DIFS 後加入 ZIFS (Zigbee coexistence Inter-Frame Space)，其主要目的為建立IEEE 802.11在與IEEE802.15.4共存環境下的對等封包傳輸率，而提升IEEE 802.15.4的傳輸機率。

圖五為 IEEE 802.15.4 最大封包長度與最小封包長度在不同 ZIFS 情況下的傳輸機率。從圖五中可以發現，當 ZIFS 越小時，IEEE 802.15.4 的傳輸機率相對較低；相反之，當 ZIFS

越大時，IEEE 802.15.4 的傳輸機率相對提升。所以 ZIFS 與傳輸機率將會呈正向之關係。但是，當 ZIFS 達到 60 slots，IEEE 802.15.4 將達到 100%之傳送成功率，但單純改變 ZIFS 之長度，因較長之延遲而導致 IEEE 802.11 的傳輸效率下降。因此，針對 IEEE 802.15.4 的效率提升，我們也提出動態封包長度調整之機制。為了證明封包大小與傳輸機率的相互關係，我們在 ZIFS=37 時用不同的封包大小進行模擬，結果如圖六所示。當封包越小相對傳輸機率會比封包大的來的高；然而封包大小會與傳輸機率成反比。



圖五、IEEE 802.15.4 在不同 ZIFS 情況的傳輸機率



圖六、IEEE 802.15.4 在不同封包大小情況下的傳輸機率

4. 結論

本篇論文著要是探討 IEEE 802.11 和 IEEE 802.15.4 無線技術所共存的異質無線網路環境中，分析 IEEE 802.15.4 在同頻干擾所造成的影響，並提出提升其傳送機率之方法。IEEE 802.11 與 IEEE 802.15.4 在不同範圍之間會有著不同層面影響；其本研究目的主要是探討在 Range1 環境下 IEEE 802.11 對 IEEE 802.15.4 的影響。模擬結果顯示在此環境下若沒有妥善安排相互間的排程機制將會造成嚴重干擾問題。

模擬結果顯示在 Range1 環境中 IEEE 802.11 對 IEEE 802.15.4 的影響下較長的 ZIFS 對於 IEEE 802.15.4 的傳輸機率會相對的高；而較小的 IEEE 802.15.4 封包則可以有較高的傳輸機率。

致謝

感謝國科會(NSC 補助編號 NSC 101 - 2119 - M - 142 - 001)以及教育部網路通訊人才培育先導型計畫-100 年度重點領域學程推廣計畫(發文字號：第 1000157767A 號)之支持，特致謝忱。

參考文獻

- [1] IEEE 802.11 Work Group, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specification: High-speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band,” ANSI/IEEE Std 802.11b, 1999.
- [2] IEEE 802.11 Work Group, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band,” ANSI/IEEE Std 802.11g, 1999.
- [3] IEEE 802.11 Work Group, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band,” ANSI/IEEE Std 802.11n, 2009.
- [4] IEEE 802.15 Work Group, “Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs),” ANSI/IEEE Std 802.15.4, 2003.
- [5] R. Musaloiu and A. Terzis, “Minimising the effect of wifi interference in 802.15.4 wireless sensor networks,” Int. J. Sen. Netw., vol. 3, no. 1, pp. 43–54, 2007.
- [6] G.M.Tamilselvan and Dr.A.Shanmugam, “Inter and Intra Cluster Scheduling for Performance Analysis of Coexistence Heterogeneous Networks”, 2010 International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 1 – No. 8
- [7] G.M.Tamilselvan and Dr. A Shanmugam, “A cluster based interference mitigation scheme for performance enhancement in IEEE 802.15.4”, Jurnal of Scientific & Industrial Research J SCI IND RES VOL 70 SEPTEMBER 2011 pp. 756-761
- [8] G.M.Tamilselvan and Dr.A.Shanmugam, “Multi Hopping Effect of Zigbee Nodes Coexisting with WLAN Nodes in Heterogeneous Network Environment”, 978-1-4577-0183-2/09/\$26.00 2011 IEEE.
- [9] P. Yi, A. Iwayemi, and C. Zhou, “Developing ZigBee Deployment Guideline Under WiFi Interference for Smart Grid Applications,” Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. 2, no. 1, pp. 110 -120, March 2011.
- [10] C. Won, J. H. Youn, H. A. Sharif, and J. Deogun, “Adaptive Radio Channel Allocation for Supporting Coexistence of 802.15.4 and 802.11b”. In VTC, 2005.
- [11] Xinyu Zhang and Kang G. Shin, “Cooperative Carrier Signaling: Harmonizing Coexisting WPAN and WLAN Devices,” IEEE Transactions on Networking, vol. pp, no. 99, 2012.
- [12] S. Y. Shin, H. S. Park, S. Choi, and W. H. Kwon, “Packet error rate analysis of ZigBee under WLAN and Bluetooth interferences,” IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 6, no. 8, pp. 2825–2830, 2007.
- [13] Wei Yuan, 「Coexistence of IEEE 802.11b/g WLANs and IEEE 802.15.4 WSNs: Modeling and Protocol Enhancements」, Technische Universiteit Delft, PhD Thesis, 2011.
- [14] M.Sahraoui, “Collisions Avoidance Multi-Channel Scheme for the protocol IEEE 802.15.4,” International Conference on Information Technology and e-Services (ICITeS), pp. 1 -9, 2012.
- [15] M. Fruth, “Probabilistic Model Checking of Contention Resolution in the IEEE 802.15.4 Low-Rate Wireless Personal Area Network Protocol”, Proc. 2nd Int’l Symp. on Leveraging Applications of Formal Methods,

Verification and Validation, pp. 290-297, November 2006.

- [16] M. Kwiatkowska, G. Norman, and J. Sproston. “*Probabilistic model checking of the IEEE 802.11 wireless local area network protocol.*” In H. Hermanns and R. Segala, editors, Proc. 2nd Joint International Workshop on Process Algebra and Probabilistic Methods, Performance Modeling and Verification (PAPM/PROBMIV’02), volume 2399 of LNCS, pages 169–187. Springer, 2002.
- [17] Prsim <http://www.prismmodelchecker.org/>