

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

高節能子母載具聯網溝通

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 106-2221-E-003-023-
執行期間：106年08月01日至107年07月31日
執行單位：國立臺灣師範大學電機工程學系（所）

計畫主持人：王嘉斌

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：朱峻佑
碩士班研究生-兼任助理：施冠汎
碩士班研究生-兼任助理：吳銘勛

報告附件：出席國際學術會議心得報告

中華民國 107 年 10 月 11 日

中文摘要：在本計畫中，我們提出可調式非連續接收模式的省電架構。此方法能夠根據使用者的服務品質需求例如封包封包傳輸延遲來改變DRX參數，進而改善整體系統的省電效能與使用者的服務品質。同時，我們也以智慧型手機實驗量測網頁瀏覽的資料流量與電量損耗的情形。模擬結果顯示本計畫所提出之方法與傳統型DRX相較之下可以同時改善省電效能與封包傳輸延遲。預期在本計畫中提出的系統理論模型以及高節能DRX參數調整演算法演算法可作為未來綠能通訊系統設計之參考。

中文關鍵詞：綠色通訊；節能

英文摘要：In the project we present an adaptive multi-cycle Discontinuous Reception (DRX) scheme which dynamically adjusts the DRX parameters according to the traffic intensity and Quality of service (QoS) of users. At runtime, the DRX parameters can be determined optimally with a simple table lookup rapidly without spending much computational time. We conducted simulations to compare the performance of our proposed multi-cycle DRX scheme with that of the conventional DRX scheme. The results demonstrate that our approach can effectively improve both the user-perceived service quality and power saving efficiency according to the current traffic intensity and QoS requirements. By both the theoretical analyses and solutions investigated in this project, we hope to thoroughly provide an in depth view about the design and implementation of the green communication system.

英文關鍵詞：Green communications; power saving

科技部專題研究計畫期中/成果報告 高節能子母載具聯網溝通

On power-saving communication in a main/sub vehicle network

學門歸屬：能源學門
計畫編號：MOST 106-2221-E-003-023
執行期限：106年08月01日至107年07月31日
執行機關：國立臺灣師範大學電機工程學系
主持人：王嘉斌
E-mail：chiapin@ntnu.edu.tw
研究人員：朱峻佑，施冠汎，吳銘勛

摘要

在本計畫中，我們提出可調式非連續接收模式的省電架構。此方法能夠根據使用者的服務品質需求例如封包封包傳輸延遲來改變DRX參數，進而改善整體系統的省電效能與使用者的服務品質。同時，我們也以智慧型手機實驗量測網頁瀏覽的資料流量與電量損耗的情形。模擬結果顯示本計畫所提出之方法與傳統型DRX相較之下可以同時改善省電效能與封包傳輸延遲。

關鍵字：綠色通訊、節能

1. 前言

DRX(Discontinuous Reception)非連續接收的節電機制於LTE系統被採用[1]，當沒有資料要接收時，使用者設備端會自動關閉射頻模組一段時間來達到節省電力的效果。

圖1說明個DRX的系統架構，DRX的週期有分為Short cycle以及Long cycle，兩者擁有相同的On Duration Time，但睡眠的時間Short cycle較短，而Long cycle較長了許

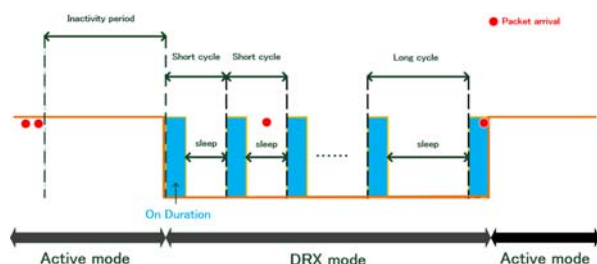


圖 1：DRX 機制示意圖

多，當DRX Inactivity Timer計數完畢後會優先進入Short cycle。經過了幾個Short cycle週期仍舊沒有資料需要接收，系統判定這段時間可能是使用者不活躍使用的狀態，接下來自動轉入休眠時間更長的Long cycle以達到更加的省電效能。

2. 本計畫提出之節能演算法

2.1 DRX 系統理論模型之設定

本計畫提出Adaptive Multi-Cycle DRX之演算法，使用設備端將會根據封包到達的間隔時間，自動調整不同等級的DRX週期，以便達到較好的省電效能或是服務品質。DRX的週期轉換由兩個計時器所組成，一個計時器計數連續發生active的次數，另一個計時器計數連續silent的次數，任一計數器達到所設定的計數門檻值時，系統將會自主增長或是減少DRX的週期。

在本研究中，設置DRX的時長是 $[d_0, d_1, d_2, \dots, d_{k-1}]$ ，且 $d_0 < d_1 < d_2 < \dots < d_{k-1}$ ，其馬可夫鍊模型如圖2所示。

經由馬可夫鍊模型，定義 $p_{k,k+1}$ 為單位步驟的轉換機率從狀態 k (DRX的時長為 d_k)到狀態 $k+1$ (DRX的時長為 d_{k+1})。 $p_{k+1,k}$ 為狀態 $k+1$ 到狀態 k 的轉換機率，假設封包到達Poisson程序(期望值 λ)，封包間隔是指數分佈。在Poisson程序中， x 封包表示在 t 個單位時間內到達機率。

$$P_x(t) = \frac{(\lambda t)^x}{x!} \cdot e^{-\lambda t}, \text{ for } x = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

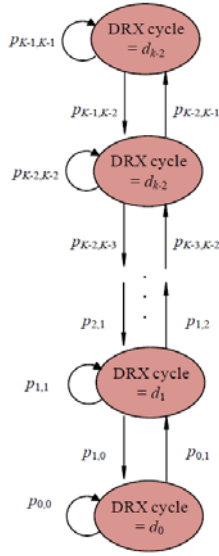


圖 2：DRX 的馬可夫鍊狀態轉換圖

因此，如果在 t 個單位時間內沒有封包到達，此時機率為 $P_0(t) = e^{-\lambda t}$ ，因此我們可總結以下轉移機率公式：

$$p_{k+1} = (e^{-\lambda dk})^n, \text{ for } k \in 0, 1, \dots, K-2 \quad (2)$$

$$p_{k,k-1} = (1 - e^{-\lambda dk})^m, \text{ for } k \in 1, 2, \dots, K-1 \quad (3)$$

$$p_{k,k} = \begin{cases} 1 - p_{k,k+1} - p_{k,k-1}, & \text{for } k \in 1, \dots, K-2 \\ 1 - p_{k,k+1}, & k = 0 \\ 1 - p_{k,k-1}, & k = K-1 \end{cases} \quad (4)$$

方程式(2)為狀態 k 轉變為狀態 $k+1$ ，經過連續 n 個休眠狀態的發生機率為 $(e^{-\lambda dk})^n$ 。(3) 表示狀態 k 轉變至狀態 $k-1$ 若連續啟動 active 的週期達到 m 個，機率則表示為 $(1 - e^{-\lambda dk})^m$ 。而(4)說明狀態 k 維持在狀態 k 時的機率，也就是保持現態，即扣除上升以及下降的機率求得。

接下來說明穩態分佈機率，假定 r_k 為使用者設備端於狀態 k 時的穩定狀態機率，由此模型我們可以得到下列公式：

$$r_0 \cdot p_{0,1} = r_1 \cdot p_{1,0}, \quad (5)$$

$$r_{k-2} \cdot p_{k-2,k-1} = r_{k-1} \cdot p_{k-1,k-2}, \quad (6)$$

$$r_k \cdot (p_{k,k-1} + p_{k,k+1}) = r_{k-1} \cdot p_{k-1,k} + r_{k+1} \cdot p_{k+1,k}, \quad (7)$$

$$r_0 \cdot p_{0,1} = r_1 \cdot p_{1,0}, \quad (8)$$

方程式(5)說明穩定狀態觀察值之平均抵達率等於離開率。而(6)的左側公式為狀態從 k ($k \in 1, 2, \dots, K-2$) 到狀態 $k-1$ 與 $k+1$ 的離開機率，反之，右側的公式為狀態 $k-1$ 與狀態 $k+1$ 到狀態 k 的抵達機率。最後將所有狀

態的抵達機率與離開機率加總可得公式(8)等於1。

2.2 DRX參數設計問題

省電效能期望值可被表示如下所示：

$$\overline{pc} = \sum_{k=0}^{K-1} r_k \cdot \frac{on_dur_k}{d_k} \quad (9)$$

其中 on_dur_k 是 on-duration 期間對應於 DRX 的時長 dk 。封包延遲視為封包在 MAC 前端的佇列等候傳送到封包被接收為止的時間。平均延遲時間就 DRX 時長為 dk 的二分之一，而整體的封包延遲在 ARF 為基礎的 DRX 機制如下所示：

$$\overline{pd} = \sum_{k=0}^{K-1} r_k \cdot \frac{d_k}{2} \quad (10)$$

考慮到即時的傳輸狀況伴隨封包延遲限制為 T ，且假設當封包延遲超過限制封包會停止。因此，在 ARF 為基礎 DRX 機制中，封包遺失機率表示如下：

$$\overline{plr} = \sum_{k \in S} r_k, d_k > 2T, k \in S \quad (11)$$

2.3 Adaptive multi-cycle DRX 參數調整演算法之設計

由 DRX 系統理論模型數值結果與分析，得知傳統的 DRX scheme 或者 multi-cycle scheme 都是固定參數而無法達到最佳效能。所以在本計畫研究如何根據 QoS 需求與根據 power saving 效能而尋找最佳的參數 (m, n) 值。

選擇最佳的參數 (m, n) 值，可以根據用戶的服務型態以及目前的資料傳輸狀況動態調整 DRX 的相關參數以提昇省電效率及用戶端設備之待機時間，並同時兼顧用戶的服務品質，將是本研究的主要重點。在 (m, n) 參數的選擇考量上，應選擇能達到最佳總體效能之值為佳。我們考慮省電效能、封包延遲和封包遺失率等因素作為系統性能之表現，並定義省電效能，封包延遲，和封包遺失率的 cost-reward 函數分別為 $fpc(\cdot)$ ， $fd(\cdot)$ ， $fplr(\cdot)$ 。power consumption cost-reward 函數可表示為指數函數：

$$fpc(\overline{PC}) = w_{PC} \cdot (e^{\overline{PC}} - 1) \quad (12)$$

其中 w_{PC} 是 power consumption 的加權因子。

實際上，cost-reward functions $fpc(\cdot)$ 和 $fplr(\cdot)$ 在不同的傳輸狀況下應該不同。在本研究中，我們考量兩種傳輸類型：best-effort

及 hard-QoS。best-effort 型態適用於在 web browsing 和 e-mail 的傳輸狀態。相對的，hard-QoS 傳輸型態適用於 VoIP and video streaming 的傳輸狀態。從過去的研究[2]可以知道 best-effort 和 hard-QoS 兩種傳輸類型的 cost-reward 函數分別是 concave 函數和單位階梯(unit-step)函數。在 Hard QoS 傳輸時，封包延遲或封包遺失率的 cost-reward 函數分別表示如下：

$$(\overline{pd}) = w_{pd} \cdot H(\overline{pd} - pd^*) \quad (13)$$

$$(\overline{plr}) = w_{plr} \cdot H(\overline{plr} - plr^*) \quad (14)$$

其中 pd^* 和 plr^* 定義為封包延遲和封包遺失率的門檻值，而 w_{pd} 和 w_{plr} 為加權因子。 $H(\cdot)$ 設計為類似單位階梯的函數，定義如下：

$$H(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (15)$$

在 best-effort 傳輸時，封包延遲或封包遺失率的 cost-reward 函數分別表示如下：

$$(\overline{pd}) = w_{pd} \cdot (1 - e^{-\overline{pd}/B}) \quad (16)$$

$$(\overline{plr}) = w_{plr} \cdot (1 - e^{-\overline{plr}}) \quad (17)$$

其中 B 是 normalized factor。

最後我們定義了一個 cost-reward function Γ ，藉由考慮 $fpc(\cdot)$, $fpd(\cdot)$ 和 $fplr(\cdot)$ 三個值，呈現了整個系統的性能：

$$\Gamma = fpc(pc) + fpd(pd) + fplr(plr) \quad (18)$$

如式子(18)所示，cost-reward 函數最小化意味著可以減少封包延遲與封包遺失，增加省電效能，達到對整體系統性能的改善。此外，設定不同的加權因子 w_{pd} 、 w_{plr} 、 w_{pc} ，可在不同的情況下，決定 QoS 和省電效能的優先順序。

對於 best-effort traffic 型態，我們可以經由 cost-reward 函數最小化可得到最佳參數 (m^*, n^*) 使得 Γ 可以得到最小值，如式子(19)所示：

$$(m^*, n^*) = \arg \min_{m, n} \Gamma \quad (19)$$

對於 hard-QoS traffic 型態，在我們限定的 pd^* 和 plr^* 條件之下，我們可以經由 cost-reward 函數最小化可得到最佳參數 (m^*, n^*) ，使得 Γ 可以得到最小值，如式子(20)中所示：

$$(m^*, n^*) = \arg \min_{m, n} \Gamma, \text{ subject to } \overline{pd}(m^*, n^*) < pd^*, \overline{plr}(m^*, n^*) < plr^* \quad (20)$$

表 1 呈現封包傳輸率從每秒 2 個到每秒 30 個，主要目的是要求得在不同傳輸密度和 packet delay 和 packet loss 限制狀況下的最佳 (m^*, n^*) 。從表 1 可以得知，當傳輸密度或者 QoS 需求改變，我們所提出的方法可以在 off-line stage 時根據查表的方式，找到最佳的參數 (m^*, n^*) 。例如：當 packet arrival rate is 6 packets/s，則 QoS requirements $pd^* = 35$ ms and $plr^* = 5\%$ ，可以從查表方式得知最佳參數 $(m^*, n^*) = (7, 20)$ ，或者 packet arrival rate is 12 packets/s，則 QoS requirements $pd^* = 60$ ms and $plr^* = 10\%$ ，可以從查表方式得知最佳參數 $(m^*, n^*) = (16, 8)$ 。

表 1：不同 QoS requirements 與流量下之最佳 (m^*, n^*) 參數值

	$\lambda=2$	$\lambda=4$	$\lambda=6$	$\lambda=8$	$\lambda=10$	$\lambda=12$	$\lambda=14$	$\lambda=16$	$\lambda=18$	$\lambda=20$	$\lambda=22$	$\lambda=24$	$\lambda=26$	$\lambda=28$	$\lambda=30$
$pd^*=35ms$	m=1	m=2	m=7	m=14	m=20	m=19	m=18	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20
$plr^*=5\%$	n=20	n=18	n=20	n=18	n=15	n=10	n=7	n=6	n=5	n=4	n=3	n=3	n=3	n=2	n=2
$pd^*=60ms$	m=1	m=1	m=4	m=18	m=20	m=16	m=17	m=20	m=20	m=20	m=19	m=20	m=20	m=20	m=20
$plr^*=10\%$	n=20	n=19	n=20	n=14	n=8	n=6	n=5	n=4	n=3	n=3	n=2	n=2	n=2	n=2	n=2
$pd^*=100ms$	m=1	m=11	m=15	m=17	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20	m=20
$plr^*=15\%$	n=18	n=13	n=7	n=4	n=3	n=2	n=2	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1

2.3 行動裝置流量與耗能實驗分析

我們使用 ANDROID 系統進行量測實驗，並開發設計出一款量測應用程式，開發程式根據官方開發網站所提供的 Application Programming Interface(API) 進行深入設計取得電流電壓相關資訊，透過使用不同的 app 之 Unique Identification Number(UID) 我們更能取得單一 app 在資訊接收過程中的耗電量，之後根據官網所提供的數據，表示在每個執行緒的頻率不同，而不同的頻率會各自對應到不同的耗電量，將這些數據加總便可得到

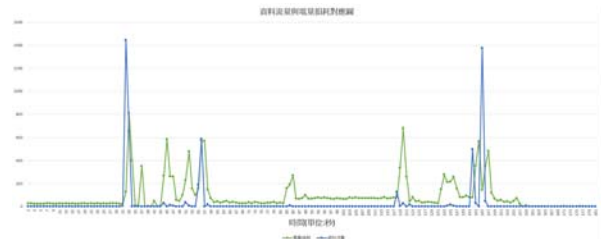


圖 3：Web browsing 資料流量與耗電關係分析圖

純粹的耗電量，而不會包含手機本身維持運作的耗電資訊。有了電量消耗數據，接著我們要測量流量變化情形。當可以取得行動裝置電量消耗及流量變化數據後，我們進行了 web browsing 之流量實驗，取得行動裝置進行各種不同服務時流量的曲線走勢。實驗環境為校園網路。

網頁瀏覽的資料流量與耗電關係實驗結果如圖3所示。我們在180秒的時間中，進行三次網頁搜尋瀏覽，很明顯地對應出三個流量峰值，分別是在31-33秒、53-57秒以及144-146秒之間，特別的是在31-33秒之間以及144-146之間，網頁瀏覽服務的傳輸速率最高達到1400kbps左右，原因是這兩筆網頁搜尋的關鍵字較為普遍，搜尋出的結果較多同時也有圖片出現。我們發現當資料傳輸量提升時，行動裝置的耗電量也隨之上升，當用戶進行較高的QoS服務也將消耗較高的功率作為代價。由此可知傳輸速率與電量消耗之間有高度的關聯性。

4. 結果與討論

圖4顯示我們所提出的方法從流量2到流量30皆能滿足系統所需要的封包延遲時間，而初始不能調整的情形則再流量12左右才滿則此條件。圖5顯示我們所提出的方法在流量12以前高過初始值原因在於這是必須要滿足QoS的適度交換，而隨著流量的增加，我們的省電效能越趨明顯，同時又能滿足最主要的服務品質。模擬結果顯示本計畫所提出之方法與傳統型DRX相較之下可以

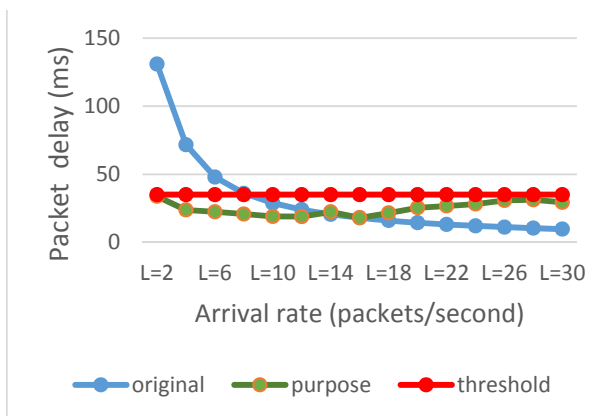


圖 4：封包延遲時間比較圖

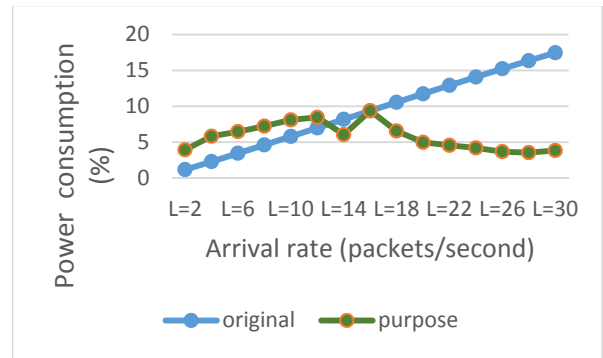


圖 5：耗電比較圖

同時改善省電效能與封包傳輸延遲。

5. 結論

在本計畫中，我們提出可調式非連續接收模式的省電架構。此方法能夠根據使用者的服務品質需求例如封包封包傳輸延遲來改變DRX參數，進而改善整體系統的省電效能與使用者的服務品質。同時，我們也以智慧型手機實驗量測網頁瀏覽的資料流量與電量損耗的情形。模擬與實驗結果顯示本計畫所提出之方法與傳統型DRX相較之下可以同時改善省電效能與封包傳輸延遲。

6. 誌謝

本報告為科技部計畫編號MOST 106-2221-E-003-023之計畫，由於科技部的支持，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

7. 參考文獻

1. H. Bo, T. Hui, C. Lan, and Z. Jianchi, "DRX-Aware Scheduling Method for Delay-Sensitive Traffic", IEEE Communications Letters, Vol. 14, No. 12, pp. 1113 - 1115, 2010.
2. K. Zhou, N. Nikaein, and T. Spyropoulos, "LTE/LTE-A Discontinuous Reception Modeling for Machine Type Communications", IEEE Wireless Communications Letters, Vol. 2, No. 1, 2013, pp. 102 - 105.
3. S. Shenker, "Fundamental Design Issues for the Future Internet", IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol. 13, No. 7, Sept. 1995, pp. 1176 - 1188.

補助本校教師出席國際學術會議報告

107 年 9 月 20 日

報告人姓名	王嘉斌	服務單位及職稱	國立臺灣師範大學電機工程學系副教授
會議時間	2018/July/6~2018/July/8	會議地點	杭州，中國大陸
會議名稱	The 3 rd EAI International Conference on Machine Learning and Intelligent Communications (MLICOM-2018)		
發表論文題目	Particle Swarm Optimization Based Location Recommendation for D2D Communication Underlying LTE Cellular Networks		

報告內容：

一、參加會議經過

2018/July/6：

前往會議現場報到

2018/July/7：

1. 參與 Keynotes speech: “Automated Driving and Connected Vehicles” by Professor Xuemin (Sherman) Shen, University of Waterloo, Canada
2. 參與 Keynotes speech: “On Removing Routing Protocol from Future Wireless Networks: A Real-time Deep Learning Approach for Intelligent Traffic Control” by Professor Nei Kato, Tohoku University, Japan
3. 參與 Keynotes speech： “Network Protocols for Future Deep Space Exploration” by Professor Qinyu Zhang, Harbin Institute of Technology (Shenzhen), Guangdong, China
4. 參與 Keynotes speech： “Non-Orthogonal Multiple Access in Small-cell Networks” by Professor Liping Qian, Zhejiang University of Technology

2018/July/8：

發表論文: Particle Swarm Optimization Based Location Recommendation for D2D

Communication Underlying LTE Cellular Networks

二、參加會議心得

The 3rd EAI International Conference on Machine Learning and Intelligent Communications (MLICOM-2018)是人工智慧與通訊工程領域中地位重要的國際會議。能參與這次 MLICOM-2018，心中由衷地感到高興。此行主要的目的是發表論文: Particle Swarm Optimization Based Location Recommendation for D2D Communication Underlying LTE Cellular Networks，並同時學習其他人的研究成果及見解，以激發日後的研究想法，在會議上的所見所聞相信對於檢視自己的研究方向會有許多幫助。本人覺得作為一個學術研究人員要能有敢於嘗試與不怕失敗的勇氣，更不能限制自己想法和眼界，這樣才能在研究上不斷創新。期待爾後能有更多機會參與國際會議，親臨會場聆聽大師分享他們的研究想法與成果。

三、建議事項

近年來由於人工智慧與行動通訊技術的蓬勃發展，通訊產業成長十分迅速。新媒體服務(如影音串流服務、網路電視、視訊會議)帶來了新型態的傳播模式。為了滿足未來行動多媒體等服務需求的大幅提升，許多國際上知名的實驗室也持續不斷地發表先進的技術或開創新的理論，來應對可能的解決之道。為了了解全世界人工智慧與行動通訊技術的發展趨勢，吾人必須多參與國際會議且能和國際研究學者合作。因此本人希望國內相關的學術單位能夠持續不斷參與國際交流，使台灣能夠在國際競爭中保有一定的優勢。

四、攜回資料

- (1) MLICOM-2018 Conference program：本次會議發表之論文行程時刻表。
- (2) MLICOM-2018 digest of technique papers：本次與會發表之相關論文集電子檔。

五、論文內容

如附件所示。

106年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：王嘉斌			計畫編號：106-2221-E-003-023-				
計畫名稱：高節能子母載具聯網溝通							
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)		
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇		
		研討會論文		0			
		專書		0	本		
		專書論文		0	章		
		技術報告		0	篇		
		其他		0	篇		
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利		申請中	0	
					已獲得	0	
			新型/設計專利			0	
		商標權			0	件	
		營業秘密			0		
		積體電路電路布局權			0		
		著作權			0		
		品種權			0		
		其他			0		
				0			
	技術移轉	件數			0	件	
		收入			0	千元	
	國外	學術性論文	期刊論文		1	篇	Kuo-Chang Ting, Wen-Yen Lin and Chiapin Wang*, "Loading Aware Green Power Control (LAGPC) for the Mitigation of Co-Tier Downlink Interference for Femtocell in the Future 5G Networks," Mobile Networks & Applications, 2018.
研討會論文			2	1. Chiapin Wang, Ming-Hsun Wu, and Te-Sheng Tsai, "Particle Swarm Optimization Based Location Recommendation for D2D Communication Underlying LTE Cellular Networks," in Proc. of the 3rd EAI International Conference on Machine Learning and Intelligent Communications (MLICOM-2018), 2018. 2. Kuan-Fan Shih, Chi-Ming Li and Chiapin Wang, "User Location Recommendation Combined with MLWDF			

					Packet Scheduling in LTE Downlink Communication,” in Proc. of Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2018), 2018.
	專書		0	本	
	專書論文		0	章	
	技術報告		0	篇	
	其他		0	篇	
智慧財產權 及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件
			已獲得	0	
		新型/設計專利	0		
	商標權		0		
	營業秘密		0		
	積體電路電路布局權		0		
	著作權		0		
	品種權		0		
	其他		0		
	技術移轉	件數		0	
收入			0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
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。)					

科技部補助專題研究計畫成果自評表

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（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）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（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

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200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）

學術成就：本計畫提出綠能通訊系統之系統理論模型以及高節能DRX參數調整演算法演算法，目前已經發表一篇期刊論文與兩篇國外研討會論文。

技術創新：本計畫所提出Adaptive Multi-Cycle DRX演算法是基於馬可夫鍊狀態轉換的系統理論模型，此方法在文獻中少見，具有一定的創新性，堪稱獨到的解決方法。

社會影響：綠能是國家的重大政策方向，希望在本計畫中提出的系統理論模型和高節能DRX參數調整演算法演算法，以及後續延伸之研究可作為未來綠能通訊系統設計之參考。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值： 否 是，建議提供機關

（勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關）

本研究具影響公共利益之重大發現： 否 是

說明：（以150字為限）