

## 應用無線網路感測技術於紅樹林環境中招潮蟹數量之研究

# Using a Wireless Sensor Network Technology to Investigate the Fiddler Crab Population in Relation to Environmental Conditions in Mangrove

陳桂嘉<sup>1</sup> 陳建文<sup>1</sup> 郭瓊雯<sup>2</sup> 吳守從<sup>3</sup> 龔旭陽<sup>2</sup> 陳朝圳<sup>1,\*</sup>

Kuei-Chia Chen<sup>1</sup>, Chien-Wen Chen<sup>1</sup>, Chiung-Wen Kuo<sup>2</sup>, Shou-Tsung Wu<sup>3</sup>,  
Hsu-Yang Kung<sup>2</sup> and Chaur-Tzuhn Chen<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學資訊管理系 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

<sup>3</sup> 實踐大學觀光管理學系 高雄縣內門鄉大學路 200 號

<sup>1</sup> Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Management Information System, National Pingtung University of Science and Technology,  
Pingtung, Taiwan

<sup>3</sup> Department of Tourism Management, Shih Chien University, Kaohsiung, Taiwan

\* 通訊作者：cct@gisfore.npust.edu.tw

\* Corresponding author: cct@gisfore.npust.edu.tw

## 摘 要

紅樹林為熱帶及亞熱帶海岸地區最特殊且重要的濕地生態系，故其棲地與指標物種監測有其必要性。本研究利用無線感測系統，收集淡水河紅樹林自然保留區之微氣候環境資料與招潮蟹數量之影像，探討潮汐時間、季節差異、溫濕度變化與招潮蟹數量之關係。研究結果顯示，招潮蟹出現數量與溫度(相關係數為 0.407,  $p < 0.01$ )呈正相關，而與濕度(相關係數為-0.376,  $p < 0.05$ )及潮汐(相關係數為-0.563,  $p < 0.01$ )呈現負相關。此外招潮蟹數量於季節間有顯著差異( $F_0 = 16.551$ )，其中夏季出現之數量明顯多於秋、冬季間，這表示招潮蟹於濕度較低、溫度略高之環境下的活動力較強。無線網路感測技術確實能提供紅樹林地區與其物種的長期環境監測資料，可作為生態資源保育之參考。

## Abstract

Mangrove is the most unique and important wetland ecosystem of the tropic and subtropic coastal forests. It is imperative to monitor its environmental conditions and index species. We used a wireless sensor network system to determine the relationships between the fiddler crab population and environmental variables, humidity, temperature, tidal levels, and seasons, at the Danshuei River Mangrove Nature Reserve in Taiwan. The results showed that the crab population was positively correlated with temperature ( $r = 0.407$ ,  $p < 0.01$ ) but negatively with humidity ( $r = -0.376$ ,  $p < 0.05$ ) and tidal level ( $r = -0.563$ ,  $p < 0.01$ ). Also the population changed significantly with seasons ( $F_0 = 16.551$ ); the population was larger in summer than in autumn and winter. In other words, the crabs were more active at low humidity and higher temperature. This wireless sensor network system was recommended as a long term monitoring system of coastal mangrove wetland habitat and the index species for the conservation purpose.

**關鍵詞：**無線感測網路、招潮蟹、紅樹林

**Key words:** wireless sensor network, fiddler crab, mangrove

收件日期：98年10月3日

接受日期：99年4月15日

Received: October 3, 2009

Accepted: April 15, 2010

## 緒 言

自1971年拉姆薩公約(Ramsar Convention)簽訂後，國際間均相當重視紅樹林之保護及復育工作，而台灣紅樹林為亞熱帶海岸最特殊且重要的溼地生態系之一(施2001)，故其保育工作自不容忽視。然人類在許多熱帶海岸地區所增加的都市開發和工商業活動，以及逐漸嚴重的河川、海岸污染，不僅會對原有的自然環境產生衝擊及影響，亦會破壞紅樹林的生態體系，使得原有豐富的生物資源逐漸喪失(Chou and Pi 1989)，因此對其進行生態監測實為刻不容緩之工作。

生態環境經過長期的演替，逐漸形成一個

動態的平衡系統。淡水河乃台灣重要河川之一，惟近年來河道受污染情況日益嚴重，而使其動態系統失衡，陳等(1976)指出，水質污染增加，雖未直接對紅樹林本身造成顯著影響，卻已破壞河口生物的平衡，而紅樹林面積的增加，則可能使生存於潮間帶的蟹類分布受到影響，假使面積持續擴大，未來可能會危害招潮蟹之棲地(郭2001; 施2006)；此外，一旦動態系統失去平衡之後，將會衝擊其原有的生態體系與生物的分布，屆時將影響生態系中之紅樹林與其他潮間生物(施2006)。

招潮蟹(fiddler crab)係以土壤中的有機質作為其營養來源，由於能夠加速水中的物質循環，堪稱與紅樹林相互依存(童及李1998)，因

此監測招潮蟹的族群數量變化應可作為當地環境監測之重要指標。無線感測網路為近來蓬勃發展的一種新技術，其具有無線、省電、遠距傳輸等功能，透過無線存取橋接器(access point, AP)可將資料傳送至後端伺服器以供分析應用(彭 2007)。朱等(2007)曾以無線網路感測技術監測招潮蟹數量之變化，其分析結果更確立了招潮蟹數量呈現於影像上之可信度，以及微氣候資料的可用性。因此本研究延續此一設備，持續以無線感測網路(wireless sensor network, WSN)收集紅樹林生態系內之微氣候資料與招潮蟹的影像資料，將所得之資訊即時傳送至生態監控系統(ecology sensing system, ESS)予以建檔，提供作為研究分析之資訊。本研究之主要目的分述如下：

- 一、了解紅樹林內招潮蟹數量於不同季節、不同時間之變化，並進行相關之分析與探討。
- 二、將招潮蟹監測影像與紅樹林內微環境資訊

進行統計分析，藉以了解微氣候環境與招潮蟹數量之關係，並提供作為棲地監測指標之資訊。

## 材料與方法

### 一、研究區概況

經由相關紅樹林生長地區之觀測調查發現，台灣紅樹林之分布面積有日漸趨少之現象(薛 1995)。為了能夠針對溼地生態系進行長時間與即時性之監測，進而取代部分的田野調查工作，本研究架設之無線存取橋接器(AP)、微氣候及影像監測點等相關設備係位於 1986 年 6 月經農委會依照文化資產保存法公告設置之「淡水河紅樹林自然保留區」—  $20^{\circ}09'-20^{\circ}10'N$ ， $121^{\circ}16'-121^{\circ}27'E$ ，保留區內共計分設近河口(A)與近捷運站(B)兩處共計 3 個監測樣點(圖 1)。保留區內之招潮蟹 80.47% 為台灣招潮蟹

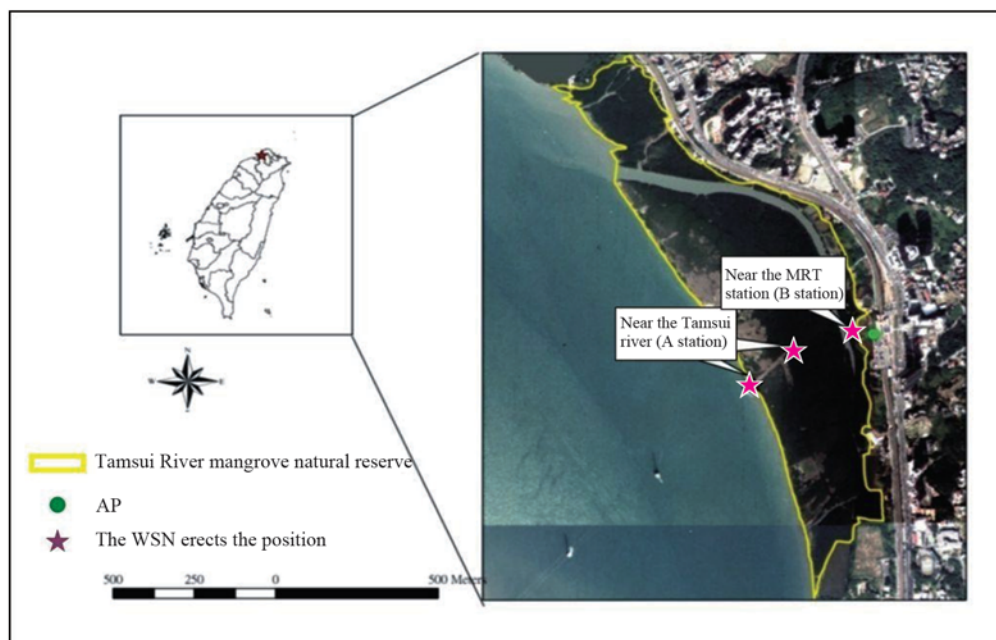


圖 1. 本研究設置之 3 個無線感測系統監測樣點。

Fig. 1. Three monitoring stations of the wireless sensor network system of this study.

(*Uca formosensis*), 通常分布於河口高潮線附近之泥灘地；19.32%為弧邊招潮蟹(*U. arcuata*), 棲息於河口沼澤地, 且分布於靠近低潮線附近區域；清白招潮蟹(*U. lactea*)僅占 0.21%, 主要棲息於低潮線至高潮線之泥灘地(朱等 2007)。

## 二、研究方法

本研究參考 Burrell *et al.* (2004)及 Martinez *et al.* (2004)之方法, 以環境感測器搭配 AP 之

IEEE 網路回傳即時資訊之理論架構, 於淡水河紅樹林自然保留區內建置一套環境保育監測系統(sensor surveillance system) (圖 2)。利用現場所架設的感測器(sensor), 定時自動量測環境中的溫溼度, 並經由無線網路或 GSM 行動電話快速將遠端來源的生態保育感測資料匯集至後端資料庫, 同時傳送且廣播於網際網路, 提供保育人員一個具時間維度之生態監控資訊(龔等 2006)。

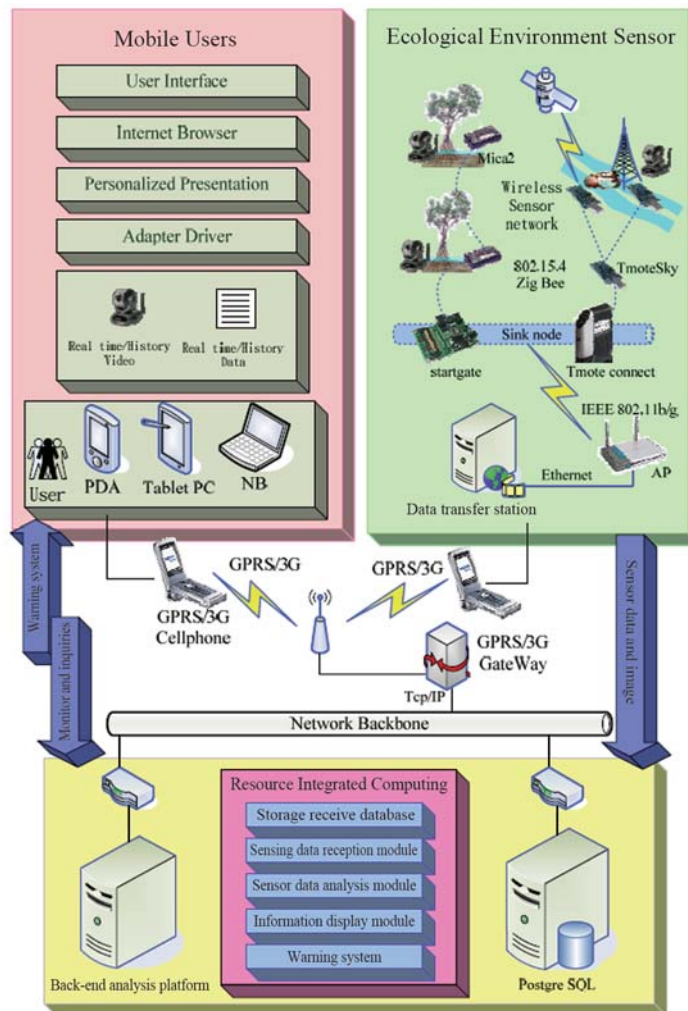


圖 2. 環境保育監測系統架構。

Fig. 2. The framework of the sensor surveillance system.

而透過棲地影像的回傳，除了能夠即時觀察地表活動招潮蟹的繞道行為與其他種蟹類對蟹洞的探洞行為(蘇 2007)之外，在招潮蟹出現數量與微棲地環境關係方面，陳等(2004)曾探討潮汐狀態與招潮蟹行為模式之關係，結果顯示招潮蟹的行為模式(如打鬥、競爭及生殖等相關行為)與漲、退潮狀態間的時間分配比例具有顯著差異；林等(2006)則於研究中加入潮汐因子進行招潮蟹棲地探討，該研究結果顯示，台灣招潮蟹之棲地植生覆蓋度為 2.20%，顯示棲地植物量相當少，故推論其喜好棲息於高潮位近乎裸露之灘地。

綜上所述可知，潮汐變化對招潮蟹具有影響性，因此除了進行微氣候資料之自動化收集作業外，本研究亦結合棲地影像監測之方式，設定拍攝時間自上午 5 點至下午 5 點，以每整點拍攝 1 張影像之方式記錄棲地的招潮蟹出現數量(隻/hr)，並分析出現數量與漲退潮時間之關係。再者，因 2008 年 4-6 月(春季)乃適逢維修儀器，為探討招潮蟹於不同季節之數量變化情形，本研究以 2008 年 1 月份(冬季)、7 月份(夏季)以及 10 月(秋季)之每月 1-25 日作為分析樣本，利用變異數分析(analysis of variance)探

討組間之差異。然而，棲地內微環境的改變對於招潮蟹活動週期與行為影響極大，因此於了解招潮蟹在不同季節活動狀況之餘，尚需更進一步探詢微環境與招潮蟹出現數量之關係，故本研究將所彙整之 ESS 資料庫，以 2007 年 10 月至 2008 年 1 月之逐時影像(共計 637 張有效樣本)，與微氣候之濕度、溫度資料進行相關分析，同時將結果提供作為後續保育工作之參考資料。

## 結果與討論

### 一、招潮蟹數量與潮汐之關係

本研究挑選 2007 年 12 月 16-18 日較完整的影像觀測資料(共計 39 張影像)作為樣本。經逐一判釋招潮蟹出現數量後與中央氣象局淡水氣象站之漲、退潮時間，以及逐時潮汐資料進行相關性分析，結果顯示招潮蟹出現數量與潮汐間呈現極顯著的負相關，相關係數為-0.563 ( $p < 0.01$ )。潮汐隨著引力的影響，每日漲潮時間略有不同，由圖 3 顯示招潮蟹每日出現時間與潮汐之發生有關，當越接近退潮的時候，在影像上的招潮蟹出現隻數也明顯較多(圖 4)。

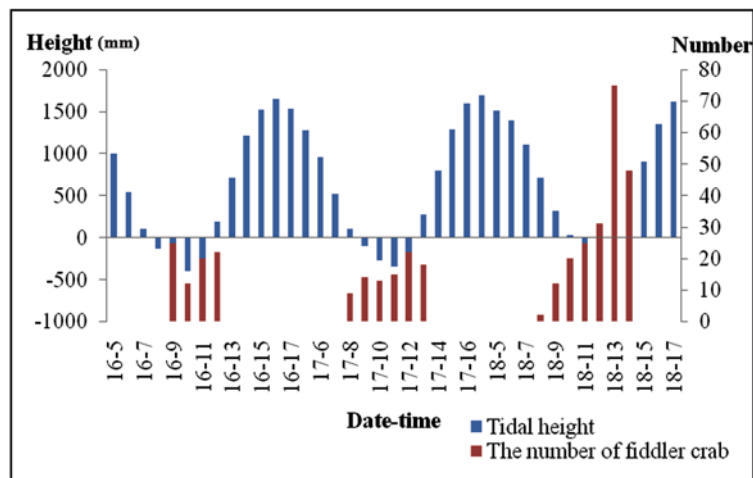


圖 3. 潮汐與招潮蟹出現數量之關係。

Fig. 3. The negative correlation between the fiddler crab population and the tidal level.

WSN 雖無法觀測招潮蟹於泥濘地表底下的生活行爲，但卻能證明潮汐時間確實與其出

現於地表活動之數量有明顯關係，顯見漲退潮會影響招潮蟹行爲模式的時間分配(陳等 2004)。

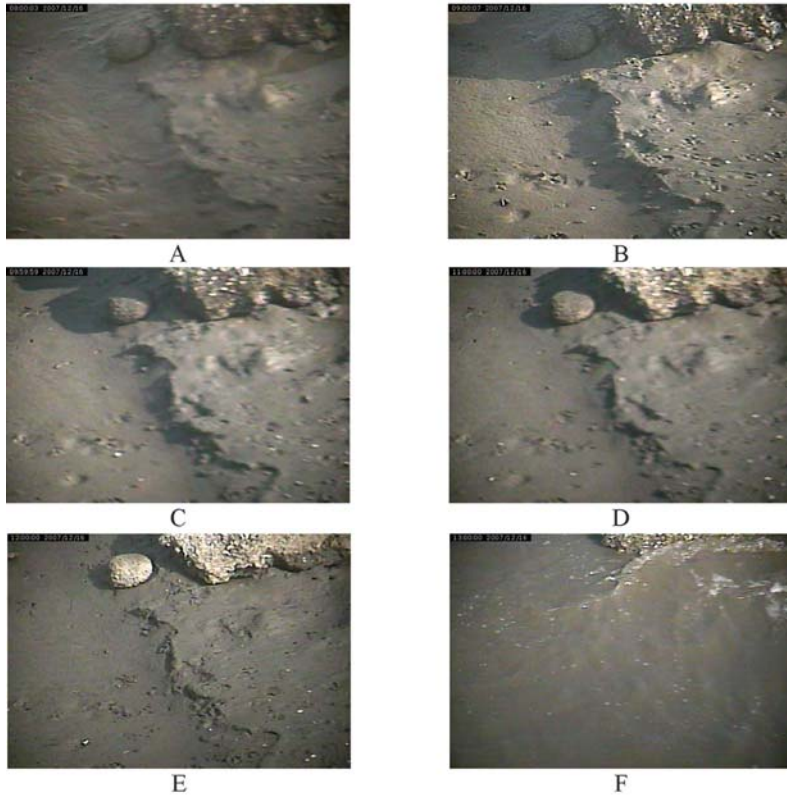


圖 4. 2007 年 12 月 16 日之招潮蟹觀測影像：A, 8:00 a.m. (漲潮)；B, 9:00 a.m. (退潮)；C, 10:00 a.m. (退潮)；D, 11:00 a.m. (退潮)；E, 12:00 p.m. (退潮)；F, 1:00 p.m. (漲潮)。

**Fig. 4.** The images of fiddler crabs on December 16, 2007 (A, 8:00 a.m. at flood tide; B, 9:00 a.m. at ebb tide; C, 10:00 a.m. at ebb tide; D, 11:00 a.m. at ebb tide; E, 12:00 p.m. at ebb tide; F, 1:00 p.m. at flood tide).

## 二、招潮蟹數量與季節之關係

根據上述結果，進一步分析出現招潮蟹數量與季節間之關係。該數據經變異數分析顯示在 99% 的信賴水準下 ( $F_0 = 16.551$ )，其組間確有顯著差異。進一步利用 Duncan 檢定比較不同季節之招潮蟹出現數量關係，其結果顯示，招潮蟹夏季出現之數量與秋、冬季間有明顯區別，而秋、冬兩季則無差異，顯示招潮蟹數量在不同季節仍有差別；對照三季之招潮蟹數量

可知，夏季之數量較多，秋、冬兩季則較少，顯示夏季招潮蟹之活動力較佳。

童及李(1998)於台南調查時發現，冬季由於受到強烈的東北季風吹襲，導致蟹種減少了於地表活動的時間，因此，此部分之研究結果與前人研究結果相互吻合。另施(1997)之研究指出，每年 3-10 月的炎熱季節，台灣招潮蟹棲地的地表上會出現由土壤所構成的大型煙囪(chimney)，而該煙囪構造物出現代表招潮蟹

已經完成配偶之行爲，然煙囪構造是否與保護雌蟹或受精卵有關，或許可於日後透過影像上所出現該構造之時間資訊配合現地調查加以探究。

### 三、招潮蟹數量與棲地微環境之關係

經由 2007 年 10 月至隔年 1 月逐時影像、微氣候之濕度與溫度資料的相關分析結果(表 1)可知，招潮蟹數量與濕度呈負相關，與溫度則呈正相關。

**表 1.** 棲地環境(濕度與溫度)與招潮蟹數量之相關矩陣

**Table 1.** The correlation matrix of the fiddle crabs numbers and environmental variables (humidity and temperature)

	Crab number	Humidity	Temperature
Crab number	1.000		
Humidity	-0.376*	1.000	
Temperature	0.407**	-0.932**	1.000

\* Significant at 5% level,  $p < 0.05$ .

\*\* Significant at 1% level,  $p < 0.01$ .

對照招潮蟹出現時間發現，接近乾潮時招潮蟹數量明顯增多，而這段時間濕度相對降低，溫度也略微升高；另由季節上溫度之差異也可了解，夏季溫度較其他季節高，而招潮蟹於夏季之活動力亦明顯較強。綜上所述，溫度與招潮蟹之活動力呈正比關係，而濕度則與招潮蟹數量呈反比關係；另施(1997)之研究指出，台灣招潮蟹的煙囪構造可能與其受精卵需要濕潤且低溫之環境才能孵育有關，因此透過招潮蟹數量變化與棲地環境進行探討，或可對招潮蟹之行爲模式有更進一步的了解。

## 結 論

以往利用自動照相設備進行動物族群調查，往往因底片限制與供電問題需定時更換(裴等 1997)。無線感測裝置隨著技術不斷的革新而越來越具實用性，除了透過太陽能板供電外，結合 ESS 即時回傳影像資訊，不僅無自動照相設備之缺點，亦可有效減少調查所花費之人力、物力與時間。因此以 WSN 搜集資料確

實有利於野生動物族群之長期監測研究，亦可於短時間內建立共棲物種之資料(裴及姜 2003)，故應用無線感測系統進行自然資源之調查與監測當指日可待。爰此，本研究透過無線感測技術收集淡水河紅樹林自然保留區內溫度、濕度與招潮蟹影像等資料，其目的除探討系統之可用性外，並試圖了解紅樹林內招潮蟹數量於不同季節、不同時間之變化情形，以及其與環境間之關係，所得結果希望能夠提供作為日後建立棲地監測指標之資訊。

研究結果顯示，透過無線感測裝置拍攝之招潮蟹影像，除可供作為招潮蟹種類、密度及活動力之研究參考外，亦於分析後證明其數量與潮汐、季節、溫度、溼度等參數間具有某種程度之關聯性。故以無線感測裝置配合必要之野外調查工作，確有助於提供環境長期監測或生態資源保育之相關資料。

由於淡水河排出之污水在流入保留區時，會受到潮汐等因素干擾，進而影響紅樹林之生理作用及其與招潮蟹之共生關係(王等 2006)，故未來如何透過無線感測裝置即時獲取資料之

優點，配合必要之調查工作，針對人為污染、天然災害等所導致紅樹林、招潮蟹於生理或生態方面之影響，並進一步進行分析與探討，應是後續研究所應努力之目標。

## 引用文獻

- 王慈憶、陳建璋、陳朝圳。2006。以SPOT衛星影像探討淡水河紅樹林自然保留區植生指標之變化。作物、環境與生物資訊 3(3): 229-238。
- 朱容君、李佳凌、王慈憶、吳守從、龔旭陽、陳朝圳。2007。應用無線感測系統監測淡水紅樹林招潮蟹之生態環境。第六屆數位地球國際研討會。343-355 頁。
- 林世偉、廖少威、張文亮。2006。香山濕地台灣招潮蟹棲地類型底質特性研究。農業工程學報 52(4): 1-14。
- 施月英。2006。彰化沿海種植“外來”紅樹林是復育?抑是保育生態破壞?!生態台灣 11: 31-34。
- 施習德。1997。屬於福爾摩莎的台灣招潮，何去何從?記台灣特有種招潮蟹的現況。台灣博物 54: 68-80。
- 施習德。2001。台灣的海岸生態。台灣博物 71: 58-69。
- 郭惠全。2001。淡水河口濕地蟹類分布之研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 陳明義、陳谷季、李遠慶。1976。淡水河口紅樹林之生態研究。中華林學季刊 9(3): 43-50。
- 陳薇云、蘇珊慧、蘇詠超、林惠真。2004。潮汐狀態與雌雄比例導致台灣招潮蟹(*Uca formosensis*)地表活動行為模式的變化。動物行為及生態研討會。
- 彭彥惇。2007。泛用型無線感測網路閘道器簡介。電腦與通訊 119: 36-41。
- 童淑珠、李榮祥。1998。台南縣市沿海地區蟹種之分布。第四屆海岸濕地生態及保育研討會論文集。56-66 頁。
- 裴家騏、姜博仁。2003。大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(二)。行政院農委會林務局保育研究系列 91-20 號。
- 裴家騏、陳朝圳、吳守從、滕民強。1997。利用自動照相設備與地理資訊系統研究森林野生動物族群之空間分布。中華林學季刊 30(3): 279-289。
- 薛美莉。1995。消失中的濕地森林—記台灣的紅樹林。台灣省特有生物研究保育中心。
- 蘇國強。2007。弧邊招潮蟹煙囪功能之新假說。東海大學生命科學系碩士論文。
- 龔旭陽、鍾文凱、陳朝圳。2006。無線感測系統於紅樹林保育之應用。第 12 屆海峽兩岸信息管理發展策略研討會論文集。233-236 頁。
- Burrell, J., T. Brooke and R. Beckwith. 2004. Vineyard computing: Sensor networks in agricultural production. IEEE Pervasive Computing 3(1): 38-45.
- Chou, C. H. and T. C. Pi. 1989. The environment factor and nutrients change of mangrove in Tamsui Chuwei. Science monthly 20(12): 893-898. (in Chinese)
- Martinez, K., J. Hart and R. Ong. 2004. Environmental sensor networks. IEEE Journal on Computer 37(8): 50-56.