

## 整合 ZigBee 與加速規之汽車路考系統

## The vehicle examination systems using Integration of ZigBee and accelerometer

林揚凱 王丕中

中興大學資訊科學與工程學系

kade@nchu.edu.tw ; pcwang@cs.nchu.edu.tw

## 摘要

近年來無線網路快速發展，許多相關的技術及應用都為人們日常生活的通訊和資料傳輸帶來相當大的便利。ZigBee 是以 802.15.4 為基礎所制定的無線網路規格。是一種具有短距離、低傳輸率、低成本以及低能量消耗的無線感測網路傳輸技術。ZigBee 主要應用於如溫度、戰場等各種數據監測、野生動物監控、目標追蹤與健康照護。

本研究之目的在於監理所汽車路考中，考生常常因為主考官在旁評分而感到有壓力，導致表現失常。因此針對考官在車內評分項目，透過三軸加速度規偵測考生在車內的操作狀況是否到位。利用 ZigBee 進行資料傳送回控制端進行評分，以降低考生心理壓力，與降低主考官不在的人力成本。

**關鍵詞：**加速規、ZigBee、IEEE802.15.4

## Abstract

In recent years, rapid technological advances in wireless sensor networks, many related technologies and applications have offered convenience in communication and transmit data for people live. ZigBee is a short-distance, low transmission rate, low cost and low consumption, it based on an IEEE 802.15.4 standard. For the ZigBee applications such as battlefield surveillance, temperature monitor, wildfire detection, target tracking and health care monitoring.

The purpose of this study is for the driving test on the road, the tester usually feel pressure caused performed unusual which is due to the examiner do the evaluation in the same vehicle. According the examiner do the evaluation items in the vehicle, via Triaxial accelerometer to see how is the operation in the vehicle. Using ZigBee transmit back to the controller and do the evaluated, not only reduce the psychological pressure of the tester but also reduce the costs of examiner.

**Keywords:** accelerometer、ZigBee、IEEE802.15.4

## 1. 前言

目前國內汽車駕照路考需至各縣市之監理所(站)，或至各民營之駕訓班參加考試。通常在汽車駕照路考的過程中，考生常常因為考官在旁，造成心理莫大的壓力與緊張感，因而在考試的過程中，常常因為緊張而表現失常。又因各個考場的考官不一樣，在評分方式也有差異，容易形成主觀上的給分標準。

綜合前述之討論本研究使用目前普及且大量使用之微機電感測器中的三軸加速規 (triaxial accelerometer) 用來進行測量，並與 ZigBee 的無線傳輸技術，整合汽車的評分路考標準，來達到減低考生的壓力、減少人力成本與客觀性評分的自動化評分系統。

## 2. 相關研究

## 2.1 駕照路考介紹

依交通部公路總局制定，中華民國九十年七月三日制定，汽車駕駛人訓練機構小型車派督考作業審核要點條文，第三至第五條例中規定，小型車派督考作業應由領證之考驗員執行考驗工作，可由公路監理機關所屬考驗員直接執行場考考驗，或督導所轄駕訓班所屬之考驗員執行場考考驗工作[1]。並於 100 年 3 月 1 日起，實施新修訂汽車駕駛人路考成績記錄表。

由於現今全台由北至南共有七個監理所，與三十個監理站與分站，加上各民營之駕訓班約有 250 家左右，每年考照人數提升數量平均約達三十萬人[1]，如圖 1，因此人力成本耗費也相對提高。

單位：人 Unit: Person		總計 Grand Total	汽 車 Automobile		機 車 Motorcycle			國 際 International
年 度 別 End of Year	專業 Professional		普通 Ordinary	大型重型 Big-sized Heavy	普通重型 Ordinary Heavy	輕 型 Light		
中華民國 97 年底 End of 2008	23,851,370	488,577	10,870,346	74,709	11,363,278	1,062,460	88,903	
中華民國 98 年底 End of 2009	24,388,836	478,554	11,133,331	85,404	11,655,351	1,036,196	84,275	
中華民國 99 年底 End of 2010	24,855,181	472,817	11,374,809	97,957	11,898,585	1,011,013	84,722	
中華民國 100 年底 End of 2011	25,882,715	521,522	11,867,228	113,090	12,379,514	1,000,561	101,564	

圖 1 2011 年底前全國考照人數

## 2.2 加速規介紹

目前加速規由於微機電系統(Micro Electro Mechanical System, MEMS)技術發展許久，加上近幾年來智慧型手機之各種動態感應運用、遊戲主機Wii 遊戲搖桿與汽車安全氣囊等。也因為廣泛地被應用，其價格也十分低廉。此外加速規微型化之後，不僅能保有既定的感測特性，更具有穩定性高、工作頻帶寬等優點，而積體化設計不僅降低了微感測元件的成本，更提高了實用性，因此運用的場所可以說愈來愈多。

加速規主要應在物體靜態與動態的加速度感測，動態感測加速度指物體在某個特定方向產生的加速度變化，靜態感測為感應物體本身的重力[2]。

## 2.3 IEEE802.15.4 介紹

IEEE 802.15.4 是 IEEE 802.15 規格內的第四個工作群組，成立於 2000 年 12 月，並於 2003 年 10 月正式批准 IEEE802.15.4 標準。其內容主要為低速率-無線個人區域網路(Low Rate-Wireless Personal Area Network, LR-WPAN)[3][4]，具有低傳輸速率以及低能量消耗和便宜的特性，是目前最適合運用在感測器網路實體層與媒體存取控制層的規格。

IEEE 802.15.4 通訊協定主要定義媒體存取控制層(Medium Access Control layer, MAC)與實體層(Physical layer, PHY)通訊協定。其設備可以分為兩類：1)全功能設備(Full Function, FFD)，支持所有的網路功能，可以成為網路協調者(PAN coordinator)，是網路的核心部分。2)精簡功能設備(Reduced Function Device, RFD)，只支持較少選擇和必要的網路功能，不能成為網路協調者，只能與鄰近之全功能裝置通訊，並因精簡功能所以可以降低成本，網路中大部分是此類設備。此外，在一個個人區域網路中(person area network, PAN)中，網路中至少需要一個全功能裝置做為協調者，來負責管理網路的狀態與裝置間同步等諸多工作，才能使網路正常運作，此協調者也只能由全功能裝置來擔任。

實體層定義無線通道(Wireless channel)和媒體存取控制層之間的存取介面，包含實體層數據服務與管理服務的介面(PHY layer management entity, PLME)。此外實體層 IEEE 802.15.4 定義了三種不同頻率操作頻帶，包含了 27 個無線頻率頻道，如表 1。

表 1 IEEE802.15.4 運作頻帶比較表

頻帶 (MHz)	頻率範圍 (MHz)	免費使用地區	使用頻道	傳輸速率 (Kbps)
868	868-868.6	歐洲	0	20
915	902-928	美洲	1-10	40
2450	2400-2483.5	全球	11-26	250

## 2.4 ZigBee 介紹

ZigBee 與 IEEE 802.15.4 通訊協定堆疊之關係，其底層實體層(Physical Layer)與媒體存取控制層(MAC Layer)是由 IEEE 802.15.4 所制訂，上層的網路層與應用層則是由 ZigBee 聯盟所制訂[5]，如圖 2。

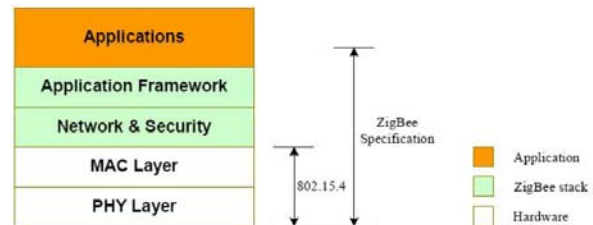


圖 2 ZigBee/IEEE802.15.4 通訊堆疊

ZigBee 網路層協定的主要目的為提供可靠和安全的傳輸，在網路層中 ZigBee 提出三種網路拓樸，即星狀拓樸(Star topology)、樹狀拓樸(Tree topology)以及網狀拓樸(Mesh topology)網路[6]。ZigBee 的星狀拓樸類似於 IEEE 802.15.4 制訂的星狀拓樸，裝置只能和協調者傳送以及接收資料。樹狀拓樸與網狀拓樸，裝置彼此之間用多點跳躍(Multihop)模式溝通，樹狀拓樸與網路拓樸的骨幹是由一個協調者及許多的路由器所構成，末端裝置必須透過與協調者或路由器加入網路，協調者與路由器必須是 IEEE 802.15.4 所定義的全功能裝置，而末端裝置可以是全功能或簡化功能裝置。

依邏輯設備的類型定義三種不同的角色，各設備在網路上的功能也有所不同。其名稱定義及功能如表 2。

表 2 邏輯設備類型

ZigBee 名稱	協調器	路由器	終端設備
網路啟動功能	有	無	無
路由功能	有	有	無
加入一個網路	可以	可以	可以
無線信標發行	可以	可以	不可以
管理範圍	所有節點	本身的子節點	本身
允許節點數	僅 1 個節點	可以多個節點	可以多個節點
耗電量	大	大	小

### 3. 系統設計

#### 3.1 設備介紹

本文使用的三軸加速度計產品是由 Spark Fun 公司所生產的 SerAccel v5。而此產品使用 RS232 的接頭，也支援 Usb-to-RS232，不需做任何改裝就可以量出 X、Y、Z 軸的數據。其晶片為 Freescale 生產的 MMA7260Q[7]-[8]。

ZigBee 無線通訊模組是採用 Jennic 公司生產，型號為 5139-EK010 開發工具，其內附有五個開發板，其中一個包含 LED 面板之設備，每個開發板內建有溫度、濕度及光感應之模組，電池使用兩顆 AAA 電池，晶片模組共有三種，包含 JN5139-Z01-M00R1、JN5139-Z01-M01R1 各二片、JN5139-Z01-M02R1 及三個 SMA 天線，與二條 usb to serial 的連接線。

#### 3.2 系統架構

本論文之系統架構是將加速規安裝在車子內部各個操作部位，藉由加速規的傾斜重力來記錄操作的位置，利用筆記型電腦將值傳到 ZigBee 開發板上作分析，再透過 ZigBee Router 傳遞資料至主控端進行判斷，以達到扣分的計算。系統架構示意圖如圖 3 所示。



圖 3 系統架構圖

### 4. 實驗方法

#### 4.1 開發平台

本實驗開發之程式語言，在無線感測開發模組硬體上，使用 Jennic 所提供之開發軟體 Jennic CodeBlocks，並搭配 C++ 語言進行開發，硬體 Flash 的寫入使用提供之工具 Jennic Flash Programmer 來進行測試；而加速規接收與主控端電腦使用 Microsoft Visual Studio 2008 的開發工具，用 C# 語言來進行程式的撰寫，管理介面可以接收偵測之情況，依照考生操作的方法，進行扣分與判斷是否通過考試測試。

#### 4.2 加速規架設

本文利用加速規的傾斜變化量，來測量與記錄車子內部操作裝置的定位，圖 4 為開啟終端機所取得 X、Y、Z 軸之重力值示意圖，其設定組態為每秒 9600 bits 的速率傳輸，沒有同位檢查，每個字元為 8 bits，停止位元為 1 個 bit。因 Jennic 的開發板上沒有支援加速規的界面，所以將加速規接到筆記型電腦之 com1 port 再從電腦使用 Usb to serial port 的方式轉傳至開發板上。

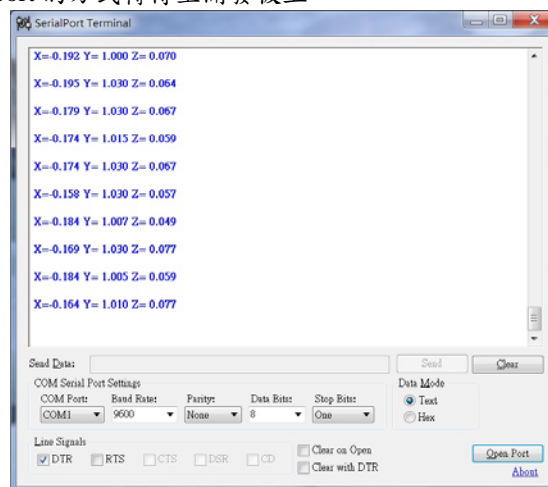


圖 4 終端機擷取加速規之三軸重力值示意圖

#### 4.3 ZigBee 接收加速規設定

ZigBee 在接收加速規轉傳資料後，使用 Jennic 的工具軟體 CodeBlocks，並參考原廠 JN-AP-1015-ZigBee-Wireless-Sensor-Network 之文件說明，修改程式進行調整。其中在三軸測試中，以方向燈來擷取資料，將各部位之三軸定位之後記錄其重力值，再取其最大與最小值當作範圍，並經過統計與記錄。在單一平面直線位移中，X 軸變化量極小，所以只擷取變化量較大之兩軸做偵測並實際於路上進行車輛發動駕駛，仍能精準定位。程式碼如圖 5。





在實際場地測試下我們針對三種晶片模組來進行距離的感測，在未加裝天線時，測試距離除了M00R1 有內建的陶瓷天線距離可超過 80 公尺，而沒有加裝天線對於高功率調整，並無太大影響，實際測試距離如表 4。

表 4 考場實地距離偵測

路由器 協調器	M00R1	M01R1	M02R1
M00R1	> 8000	120	30
M01R1	300	< 20	< 20
M02R1	60	30	< 20

(單位：公分，誤差±10%)

而在 M01R1 與 M02R1 加裝 SMA 天線之後，其距離有明顯的提升，結果圖表 5。

表 5 加裝 SMA 天線偵測

路由器 協調器	M00R1	M01R1+	M01R1	M02R1	M02R1+
M00R1	> 8000	> 8000	300	30	500
M01R1+	>8000	> 8000	< 20	< 20	1500
M01R1	900	100	600	< 20	30
M02R1	< 20	30	< 20	< 20	無
M02R1+	1800	2000	30	無	無

(單位：公分，外加 SMA 天線：+，誤差±10%)

外加天線後測量距離皆有明顯的提高，其中以最高四組作車輛測試，將協調器放入車內，從數據來看，M00R1 與加裝天線的 M01R1 皆有達 68 公尺以上的效果，而協調器與路由器皆由加裝天線的 M01R1 擔任，其距離可超過 80 公尺，表 6 為測試結果。

表 6 協調器放置車內測試結果

路由器 協調器	M00R1	M01R1+
M00R1	6800	7200
M01R1+	7000	> 8000

(單位：公分，外加 SMA 天線：+，誤差±10%)

#### 4.7 實驗結果

主控端主要是以 C#程式來撰寫，用來接收 sensor 偵測之結果，並設計一界面讓 controller 在接收到訊號後進行判斷，來實行扣分與是否通過此項目之結果。從評分表得知各科目扣分高之項目，分別為車輪壓管線、車輛熄火及換檔操作不當等，如表 7。

表 7 各項科目高扣分之評分標準

考驗科目	扣分項目	扣分標準
倒車入庫	車輪壓管線	16
曲線進退	車輪壓管線	32
鐵路平交道	平交道上熄火	32
交岔路口	黃、紅燈未停	32
上下坡道	下坡換空檔行駛	32
狹橋	車輪壓管線	32
班馬線	停車前車輪超過停車線	32

由於壓管線扣分是較明確且客觀之車體外部扣分判斷，所以我們以換檔穩定測試項目來實作本實驗；以手排考照來進行模擬；其通過條件為從 1 檔換至 2 檔，再從 2 檔換到 3 檔。實驗情況分為三種換檔失敗與兩種換檔成功，失敗測試為未依序進檔之模擬，而成功測試為依序進檔結果，而二檔進三檔過程中會經過空檔，所以遇 0 則忽略，判斷為成功。結果如圖 8~圖 9。



圖 8 檔位錯誤模擬圖



圖 9 檔位成功模擬圖

#### 5 結論與未來方向

經由加速規定位與 ZigBee 的無線傳輸技術來控管車體內之操作，已經可以準確的偵測其定位與扣分結果，雖然無法取代真正真人在旁邊監考，但已經可以大大降低人力成本與考生心理壓力，在評分時也可以更加客觀。

未來的方向，除了加強本系統的可靠度與能力外，還可以朝下列幾個方向研究應用：

1. 針對車體內部提升操作之精準監控與整合，另外就是與其它裝置的結合，例如車體外部壓管線的扣分也能列入系統之計算，取得扣分牌燈號的資訊，或是在扣分牌燈柱上做震盪的偵測，使車體內外部的扣分資訊能夠整合。
2. 至於無法單以操作不當之扣分行為，如使用手持式行動電話進行撥接或通話、轉彎、變換車道時僅以單手操作方向盤與車輪已停止轉動仍然繼續運轉方向盤等，可以加裝網路攝影機來協助扣分的測試。
3. 在 ZigBee 電源的管理上，車子內部可以增加車充轉換 AC 之電源轉換器，室外可使用小型太陽能發電系統，以免除更換電池的問題。
4. 在新式的汽車路考考試規定，除了筆試與原場地考試，另外也要加上路考，其範圍偵測更廣，所需要的設備也需要更多，亦是未來需加入之考量。如果能使用微電腦影像自動監控結合行車記錄器，以期達到全自動化汽車駕照路考之偵測。
5. 未來希望系統也能運用於模擬路考上，讓考生能自己進行考試的模擬，以期考試能夠更加熟練與順利。

## 參考文獻

- [1] 交通部公路總局，2013 年 5 月 20 日，取自 <http://www.thb.gov.tw>
- [2] 何建龍，許怡儒。“加速度微感測器”。P2-P4；P10-P12. 2002.
- [3] J. A. Gutierrez, M. Naeve, E. Callaway, M. Bourgeois, V. Mitter, B. Heile, “IEEE 802.15.4 : A Developing Standard for Low-Power Low-Cost Wireless Personal Area Networks,” IEEE network Magazine, Vol. 15, No.4, PP. 12-19, Sept./Oct.2001.
- [4] 張志峯，“IEEE 802.15.4 標準中之以雜湊為基礎之訊標訊框部撞避免機制，”臺灣科技大學，July, 2009.
- [5] E. Shih, S. Cho, N. Ickes, R. Min, A. Sinha, A Wang, A. Chandrakasan, “Physical layer driven protocol and algorithm design for energy-efficient wireless sensor networks,” Association for Computing Machinery (ACM), July 2001.
- [6] Jennic, JN-UG-3017-ZigBeeStackUserGuide-1v4, pp.12, Apr. 2007.
- [7] 鄭立，“ZigBee 開發手冊”，全華圖書，2008.
- [8] Freescale, “±1.5-6g Three Axis Low-g Micromachined Acclerometer,” Freescale Semiconductor, April 2006.