

壹、封面：

嘉義縣第五十四屆中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：鐵網恢恢，疏而不漏－金屬物影響電磁波傳遞之探討

關 鍵 詞：電磁波、電磁感應、電磁共振

編 號：

## 一、摘要

本研究欲探討各種不同的訊號發射器材之通訊原理，以及研究不同材質的平面、各式的金屬網及各種天線對遙控器之電磁波傳遞所產生的影響，於是我們蒐集了生活中常見的訊號發射器材，並製作各種阻隔片，進行遙控器電磁波強度的偵測及遙控距離的測量，藉由實驗來了解金屬物質對電磁波傳遞之影響。

經由實驗的結果發現：(一) 一般的金屬箱體並無法有效阻隔 Wi-Fi 訊號，只能稍微減弱；(二) 非金屬材質需在相當的厚度下才能減弱電磁波，而如鋁箔紙細薄的金屬物，卻具有良好的阻隔電磁波效果；(三)金屬網的粗細對於電磁波的阻隔差異不大，而愈緊密或編法愈複雜之金屬網阻隔電磁波效果愈佳；(四)愈長且與目標方向垂直之天線，通常具有更有的訊輸訊息能力；(五) 在遙控器前方適當距離放置鐵棒，可將感應電磁波傳達至較遠的位置；(六)接在遙控器上的電源線具有天線效果，且電線愈長傳輸訊號效果愈好。

## 二、研究動機

各種 3C 產品已是現代人生活的必需品，包含手機及平板電腦，但是我們發現在不同的地方，收訊或傳輸會有不同的速度，甚至有些位於地下室或電梯內的場所，也能播打手機或用平板上網，但是也曾發現到，有時隔著紗窗遙控電動鐵門，卻發現鐵門毫無動靜，但當打開紗窗來按遙控器，則鐵門立即啟動，真是弄得我們一頭霧水。

於是我們懷著充滿疑惑的心情與老師共同討論，老師也對這些現象感到新奇有趣，並向我們說明電磁波在現代的生活中無所不在，雖然便利了生活，但也造成了莫名的恐慌，所以這是一個值得深入研究的主题，因此鼓勵我們來研究金屬物品對於電磁波的傳遞的影響性，並更進一步了解阻隔及增強電磁波收訊的方法。

### 三、文獻探討

在本研究的探討過程中，涉及一些物理相關的概念，為了能更為正確的將實驗結果進行推論，我們需先進行相關概念的探討，包含了三個主題，以下分段敘述。

#### (一) 電磁波

我們通常以頻率、波長或光子能量這三種物理量來描述電磁波。而這三者的關係可以由下列方程式來表示( $f$ : 頻率、 $\lambda$ : 波長、 $E$ : 光子能量、 $c$ : 光速、 $h$ : 普朗克常數)。

$$f = \frac{c}{\lambda}, f = \frac{E}{h}, E = \frac{hc}{\lambda}$$

這些符號彼此的關係是波長與頻率成反比，如果波長愈長，則頻率愈低；其乘積是一個常數即光速  $c$ ，也就代表電磁波的前進速度是等同於光速。另外，電磁波的能量與頻率成正比，係數為普朗克常數  $h$ ，也就是頻率越高，波長越短，能量越大。

電磁波依頻率由高到低可分為伽瑪射線、X 射線、紫外線、可見光、紅外線、微波及無線電波。而人們肉眼可接收的可見光只是電磁波譜的一小部分，電磁波譜波長有長到數千公里，也有短到只有原子的長度。

依據共振的原理，無線電波可藉由天線發射與接收，其波長的範圍介於幾百公尺至一厘米之間。我們可藉由無線電波將信息傳遞出去。生活中常用的電視、手機、無線網路等，都是利用無線電波來傳遞。

平板電腦或手機常依賴著無線網路通信技術 Wi-Fi 來上網，現行的 Wi-Fi 技術之無線通信標準為 IEEE 802.11，採用的是低強度微波來傳遞信息，頻率為 2.4GHz(約 2400000000Hz)，其強度並不會造成加熱效應，且訊息傳輸時的穿透性高，因此得到全世界廣泛的支持與採用。

#### (二) 電磁感應

法拉第當年進行電磁感應的實驗後，將實驗結果仔細分析，提出磁力線的想法，以解釋電磁感應現象。他表示一封閉線圈內的磁力線數目變化時，便會產生感應電流。如右圖，當線圈 A 接通和切斷電流  $I_A$  的瞬間，其下方的另一線圈 B 也會產生感應電流  $I_B$ ，但兩電流的方向相反(如圖 3-1)。

感應電流是受到感應電動勢驅動而產生，若受感應的導線並非封閉迴路時，則仍會產生感應電動勢，只是沒有感應電流。而感應電動勢必有對應的感應電場，所以由此推得變動中的磁場也會產生感應電場。

所以相鄰的金屬導體受到電磁波的感應，將會在導體上形成一個相反的感應電動勢，而此導體亦可將此感應電動勢以電磁波形式發散出去，也就是本研究所稱之感應電磁波。

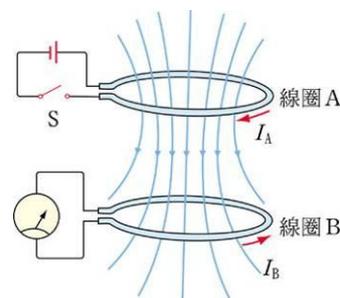


圖 3-1 線圈受電磁感應  
引自 [www.ck.tp.edu.tw/~pxhuang/lecture/EM-Induction.ppt](http://www.ck.tp.edu.tw/~pxhuang/lecture/EM-Induction.ppt)

### (三) 天線

藉著改變天線上電荷的分佈，於天線兩端產生電位差及電場，使得金屬天線內的電子朝向一端運動，而形成正電荷在一端，負電荷在另一端的分佈情形。但是此電場只有鄰近的天線才能感受到，也就是這樣的信號不能遠距離傳遞。

如果我們讓發射端天線上的正負電荷，在天線兩端形成特定頻率的周期性分佈變化，則接收端天線上也會感應或接收到相同頻率的信號，而信號的強弱仍然與距離及方位有關，但信號的頻率則不會隨著距離而改變，而此感應的訊號在空中便是以電磁波的方式傳遞，這種以電磁共振原理來傳送訊息之方式將可使傳遞距離變的更遠。

## 四、研究目的

本研究的目的可大略分為五項，而每一項則包含所屬的實驗，共十二項實驗，說明如下：

(一)探討鐵絲網對於不同種類訊號發射器材訊號是否會產生阻隔效果？

實驗一：不同的訊號發射器材受鐵網阻隔影響實驗

(二)探討一般的金屬箱是否能阻隔 Wi-Fi 訊號？

實驗二：平板電腦訊號穿透金屬箱實驗

(三)探討各種不同材質物品對於電磁波的阻隔效果。

實驗三：不同材質阻隔遙控器訊號實驗

實驗四：偏光片阻隔遙控器訊號實驗

實驗五：鋁箔紙上不同的孔洞阻隔遙控器訊號實驗

(四)探討各種不同金屬網狀物品對於電磁波的阻隔效果。

實驗六：不同粗細漆包線網阻隔遙控器訊號實驗

實驗七：不同疏密漆包線網阻隔遙控器訊號實驗

實驗八：不同疏密及網法鐵絲網阻隔遙控器訊號實驗

實驗九：不同根數鐵絲阻隔遙控器訊號實驗

(五)探討各種不同天線或金屬物對於電磁波的加強效果。

實驗十：不同形式的天線增強電磁波效果實驗

實驗十一：前方金屬物對電磁波傳輸影響實驗

實驗十二：遙控器電源線對電磁波傳輸影響實驗

## 五、研究設備及器材

實驗設備所需工具及材料(不包含測試不良作品之所耗費材料)

金屬箱	工具	捲尺、鐵片剪、手套、熱熔膠槍、鐵鎚、鐵釘
	材料	鐵片、熱熔膠、鐵網、膠帶
防干擾箱	工具	剪刀
	材料	鐵絡架、鋁箔紙、膠帶、塑膠板
遙控汽車移動架	工具	膠帶
	材料	滑輪座、壓克力板、木椅、童軍繩
阻隔片木框	工具	熱熔膠槍、螺絲起子
	材料	漆包線、熱熔膠條、木螺絲、木材(已切割好)、鐵絲網、鋁箔紙、

實驗器材所需工具及材料

訊號發射器材	訊號發射器	訊號接收器
	汽車遙控器	汽車
	電視遙控器	電視
	學校大門遙控器	學校大門
	Wii 遊樂器遙控器	Wii 遊樂器主機
	平板電腦	無線基地台
	遙控汽車遙控器	遙控汽車
訊號傳遞判斷	筆記型電腦、電磁波測量儀、皮尺、鐵棒	
其它	充電電池、充電座、電池盒、電線、偏光片	

表 5-1

## 六、研究過程及方法

### (一) 研究流程

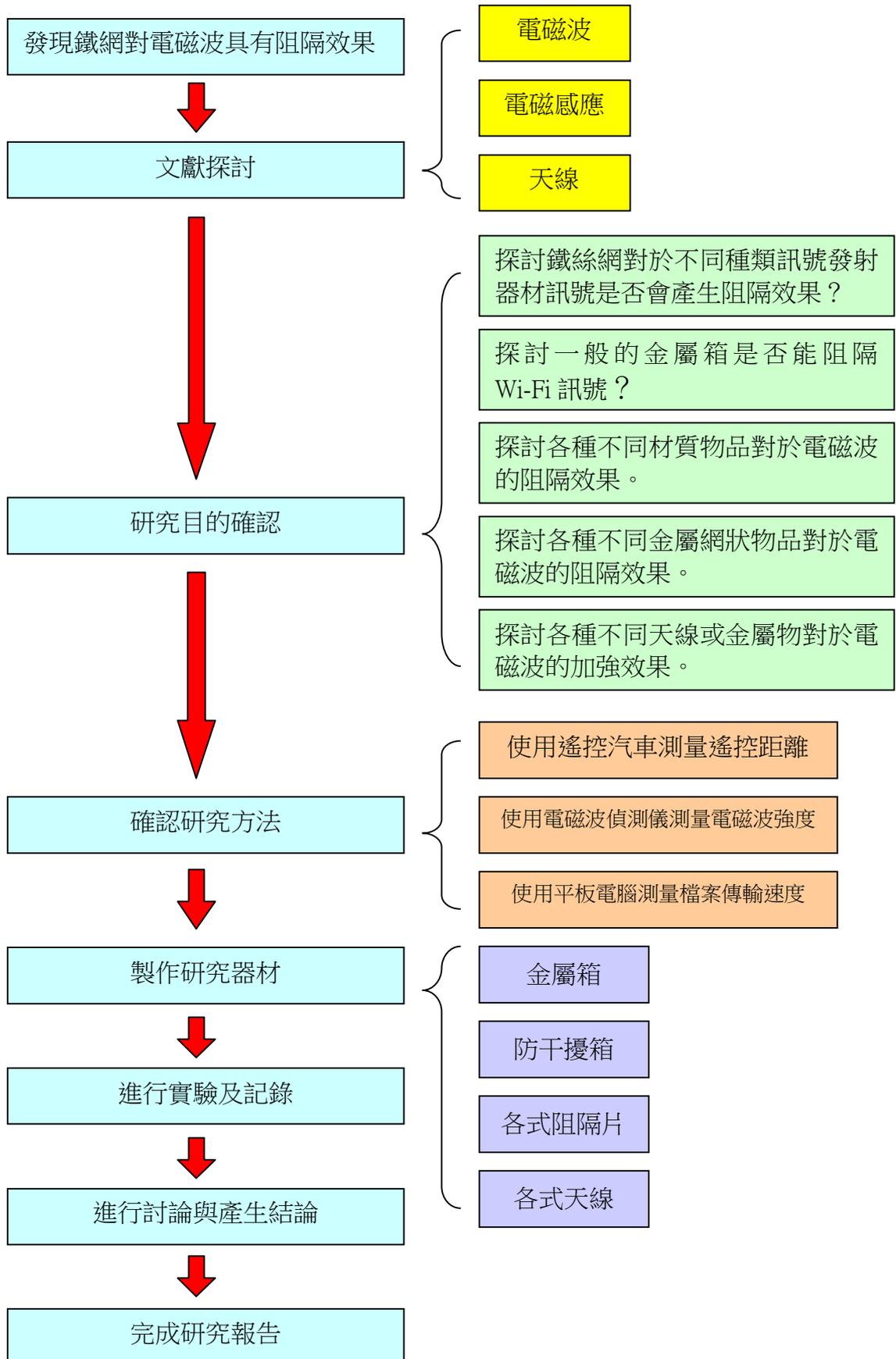


圖 6-1 研究流程圖

## (二) 研究設計

整個研究共分為五個主要項目，分別是探討鐵網對各式遙控器之影響、一般的金屬箱是阻隔 Wi-Fi 訊號的效果、不同材質物品對於電磁波的阻隔效果、不同金屬網狀物品對於電磁波的阻隔效果以及不同天線或金屬物對於電磁波的加強效果。而本研究中，主要實驗器材有四項，分別為金屬箱、防干擾箱、遙控汽車移動架、阻隔片木框，以下依序說明製作過程。

1. 金屬箱的製作：為了能做好實驗之變因控制，我們使用鐵製之烤漆板製成放置遙控器之金屬箱。
  - (1) 將買來的烤漆板畫上所要製作的金屬箱之平面展開圖，使用鐵片剪將展開圖剪下(如圖 6-2)，接著使用木板壓著展開圖之折線，將烤漆板邊緣折成所需之直角(如圖 6-3)。
  - (2) 使用熱熔膠槍將金屬箱各平面之連接線塗上熱熔膠，並等待其冷卻，如此依序完成箱體及蓋子，一個實驗用金屬箱便完成。
  - (3) 為配合平板電腦傳輸檔案之實驗，我們持續製作了大小不同的其餘四個金屬箱，並確保所有的金屬箱可以套在一起(如圖 6-4)。

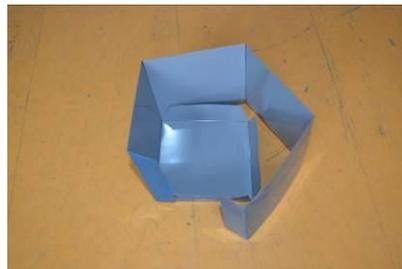
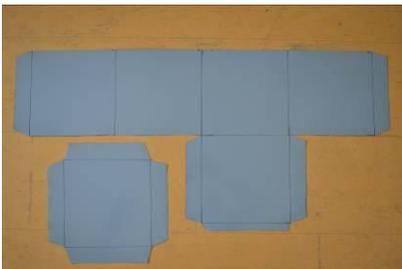


圖 6-2 切割好的金屬箱展開圖

圖 6-3 將展開圖折線折成直角

圖 6-4 製作完成之五個金屬箱

2. 防干擾箱的製作：為了能讓電磁波偵測儀能測得更為穩定且正確的數據，我們便需要有一個可以有效隔離外界電磁波之容器，於是我們利用鉻鐵架包覆鋁箔紙來製作防干擾箱。
  - (1) 在確認好我們所需要的防干擾箱大小後，將鉻鐵架依尺寸進行組裝(如圖 6-5)，為了避免貼在防干擾箱外的鋁箔紙容易被撕破，必須要先蓋上一層塑膠板(如圖 6-6)。
  - (2) 接著在塑膠板外貼上鋁箔紙(如圖 6-7)，然後將電磁波偵測儀及手電筒固定在防干擾箱內部，然後在塑膠板及鋁箔紙上戳出一個小洞，方便我們從外側觀看電磁波偵測儀所測得之數據，且不會受到外界電磁波的干擾。



圖 6-5 組合鉻鐵架

圖 6-6 蓋上塑膠板

圖 6-7 貼上鋁箔紙

3. 遙控汽車移動架之製作：在實驗的初期，我們發現當人體靠近遙控器或遙控汽車，皆會導致訊號被加強，因此若由同學拿著遙控汽車，將會影響到實驗的結果，所以決定製作遙控汽車移動架，首先我們在一塊壓克力板上黏上四個輪子，接著將木椅放置在這個壓克力板上，形成一個移動架，然後綁上繩子，遙控汽車移動架便製作完成。



圖 6-8 在移動架上綁上繩子

4. 阻隔片木框之製作：為了更方便的更換阻隔片種類及精確的固定在金屬箱上，我們需先製作固定阻隔片之木框。

- (1) 首先我們先確認好所需的木框之大小，然後請老師協助我們切出所需尺寸的木塊，然後使用熱熔膠固定木塊，便完成了阻隔片木框(如圖 6-9)。
- (2) 我們以金屬絲間隔實驗為例，我們在木框上先畫好金屬絲的間隔，接著畫上記號，然後在記號上鑽上木螺絲(如圖 6-10)，最後將金屬絲(漆包線)依序纏繞在螺絲上(如圖 6-11)。



圖 6-9 固定好的木框



圖 6-10 在木框上鑽上木螺絲

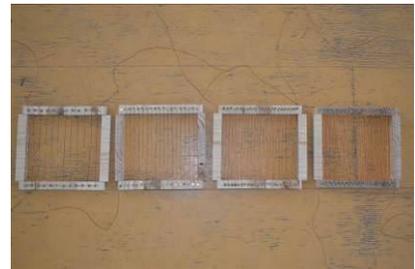


圖 6-11 四種不同間隔的金屬絲網

### (三)實驗方法

1. 操縱遙控器之方法：為了測量遙控器受到阻隔的狀態，我們需要將遙控器放置在金屬箱中，以阻隔片來隔絕電磁波訊號。

- (1) 若遙控器屬於需要按按鈕來發射訊號者，則以膠帶綁住遙控器，再以紙捲塞入膠帶及按鈕間縫隙，以壓住按鈕，再放入金屬箱中，隔著鐵絲網，測量可以遙控之距離(如圖 6-12)
- (2) 平板電腦因為需要以手去觸控，為了不產生影響，所以我們使用桌上型電腦，藉著 Android 軟體「AirDroid」經由無線基地台(如圖 6-13)，以 Wifi 訊號來連接平板電腦，若能連線則代表訊號仍然可以穿越鐵絲網(如圖 6-14)。



圖 6-12 以紙捲壓住遙控器按鈕

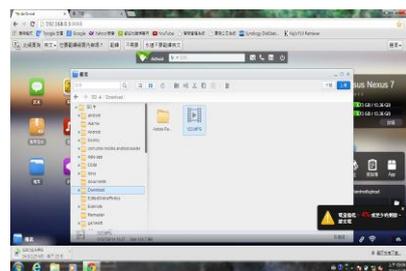


圖 6-13 AirDroid 軟體畫面



圖 6-14 將平板電腦放在金屬箱中

2. 測量電磁波強度之方法：為了了解各個實驗中電磁波傳輸之情形，需要精確可靠的測量方法，我們共採用了下列三種方式來進行實驗的測量。

- (1) 測量平板電腦傳輸檔案速度：為了測量平板電腦的訊號之強弱，我們採用檔案傳輸速度來進行測量，首先在平板電腦中儲存一個 125M 的影片檔，然後利用 Android 軟體「AirDroid」，將影片下載至電腦中，記錄影片下載的時間，若傳輸的愈快，則代表 Wifi 的訊號愈強。
- (2) 測量可遙控距離：我們使用遙控汽車進行實驗三~實驗十一的測量，以探討電磁波傳輸的狀態，為了能不受人體或其他金屬物品之干擾，我們將受遙控之汽車放置在遙控汽車移動架上，由組員緩慢的拉動(如圖 6-15)，對照地下的皮尺，測量可遙控之最遠距離，因為遙控汽車需要接收到一定強度的電磁波才有反應，若可遙控距離愈遠，代表電磁波強度愈強。
- (3) 測量電磁波強度：我們為了直接測量遙控器電磁波穿越阻隔片後電磁波剩餘之強度，我們將電磁波偵測儀及手電筒固定在防干擾箱中(如圖 6-16)，然後，將已固定好阻隔片之金屬箱放入防干擾箱中，再由側邊的小孔來觀看測量的數值(如圖 6-17)。

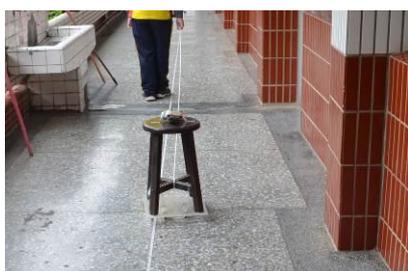


圖 6-15 組員拉動遙控汽車移動架



圖 6-16 固定電磁波偵測儀



圖 6-17 由小孔觀看測量的數值

## 七、研究結果及討論

以下依序針對各實驗的結果進行說明，並依據實驗結果進行討論

### (一)實驗一：不同的訊號發射器材受鐵網阻隔影響實驗

此項實驗為了探討生活中不同的遙控器是否會因為鐵絲網而受到阻隔，我們便收集了六種遙控器或可發射訊息的物品，包含有 Wii 遙控器、電視遙控器、平板電腦、遙控汽車、大門遙控器及車子遙控器來進行鐵絲網阻隔實驗。

種類	Wii	電視	平板電腦	遙控汽車	大門	車子
訊號發射						
訊號接收						

### 1. 實驗結果

表 7-1 不同的訊號發射器材受鐵網阻隔影響實驗結果

遙控器種類	不放盒子		加鐵網及鐵盒	
	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
Wii	3.53	73.9	2.03 m	35.3
		24.7		13.5
		22.3		20.2
電視遙控器	8.80	6.1	8.79m	8.75
		1.7		19.5
		1.2		2.3
平板電腦	76.21	16250	41.54	147.3
		18990		191.2
		9875		172.6
遙控汽車	39.65	9535	0.28	0.7
		8540		0.9
		10420		0.5
大門遙控器	18.65	1860	7.83	0.5
		1055		1.0
		2675		0.5
車子遙控器	26.17	286.9	0.12	1.2
		868.7		0.9
		685.5		0.8

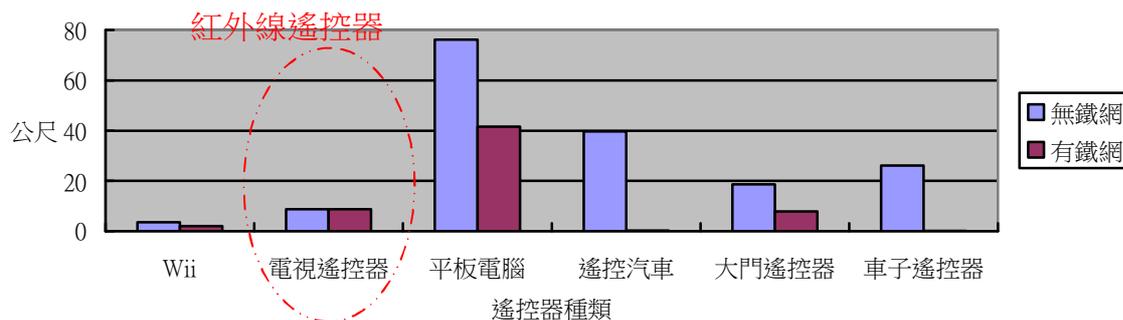


圖 7-1 不同的訊號發射器材受鐵網阻隔影響實驗結果直方圖

## 2.討論：

- (1)本研究所使用之遙控器可分為兩大類，一種為紅外線，另一種為微波，而無線電波又因為其波長的不同，可區分，微波、極短波、短波、中波、長波，其中本研究所使用之紅外線類型遙控器只有電視遙控器，且發現其遙控距離並不受鐵網之影響，皆為 8.8 公尺左右；而本研究所使用之其餘遙控器皆為無線電波類型，皆會受到鐵網的阻隔。
- (2)進行電磁波的測量時，常受到外界的電磁波之干擾，所以測得的數值差異相當大，所以必須要設計一電磁波防干擾箱，提升測量數值的穩定性及正確性，製作方法於第 5 章中詳述。

## (二)實驗二：平板電腦訊號穿透金屬箱實驗

從實驗一中，我們發現即使以鐵絲網來阻隔平板電腦，仍然能將訊號傳遞至 41.54 公尺，於是我們決定以鐵板來取代鐵絲網，並另外製作尺寸更大的四個金屬箱，一層層的套上，然後從平板電腦上傳遞一個容量為 125Mb 的影片檔案至筆記型電腦，然後記錄傳輸時間，藉此測量平板電腦的 Wi-Fi 訊號穿透金屬箱之能力。

種類	0 層	1 層	2 層	3 層	4 層	5 層
照片						

### 1. 實驗結果

表 7-2 平板電腦訊號穿透金屬箱實驗結果

金屬箱層數	傳輸時間(秒)
0 層	26
1 層	23
2 層	23
3 層	26
4 層	28
5 層	29

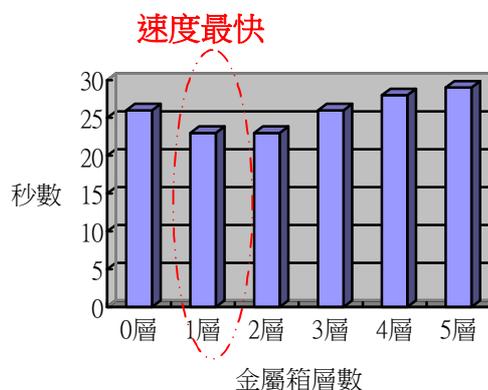


圖 7-2 平板電腦訊號穿透金屬箱實驗結果直方圖

### 2. 討論

(1) 實驗後發現，將平板電腦放置於一層密閉金屬箱中，平板電腦傳遞檔案之速度並無減慢，甚至有微幅變快，可能是因為金屬箱近距離受到 Wifi 微波的感應，發射出感應電磁波，且因為金屬箱的表面積大於平板電腦，使無線基地台更容易接受到訊號。

(2) 另外，當金屬箱層數愈多，則傳輸時間有逐漸增加的趨勢，但是在被放入 5 層金屬箱時，仍能在 29 秒將檔案傳輸完，我們依據文獻，認為 Wi-Fi 訊號之頻率相當高，為 2.4GHz (2,400,000,000 Hz)，遠比遙控汽車所使用之頻率 45MHz (45,000,000Hz) 高 53 倍，因為能量與頻率成正比，因此可以推論 Wi-Fi 訊號之能量較強，所以金屬箱所產生的感應電磁波強度仍相當的強，並且箱子間的距離相當短，所以平板電腦發射的電磁波由第一層金屬箱傳到第五層金屬箱時，訊號稍有減弱，但仍可在 29 秒完成檔案的傳輸。

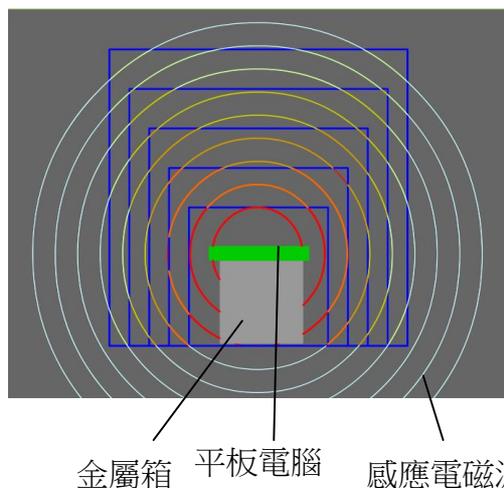
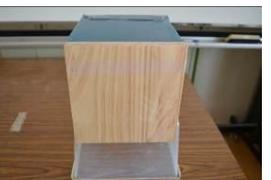


圖 7-3 金屬箱產生感應電磁波示意圖

(三)實驗三：不同材質阻隔遙控器訊號實驗

我們使用遙控汽車之遙控器進行後續的電磁波穿透實驗，在此實驗中，我們探究八種不同的阻隔處理對於遙控器訊號穿透之影響。

外殼	無遮蔽	鐵板	鋁箔	紙張
照片				
外殼	壓克力板	PP板	保麗龍板	木板
照片				

1.實驗結果

表 7-3 不同材質阻隔遙控器訊號實驗結果

外殼種類	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
無蓋子	2.25	178.3
鐵皮	0.02	0.1
鋁箔	0.05	0.1
紙張	2.26	195.3
壓克力板	1.95	164.9
PP板	2.19	168.5
保麗龍板	1.48	97.8
木板	1.30	79.1

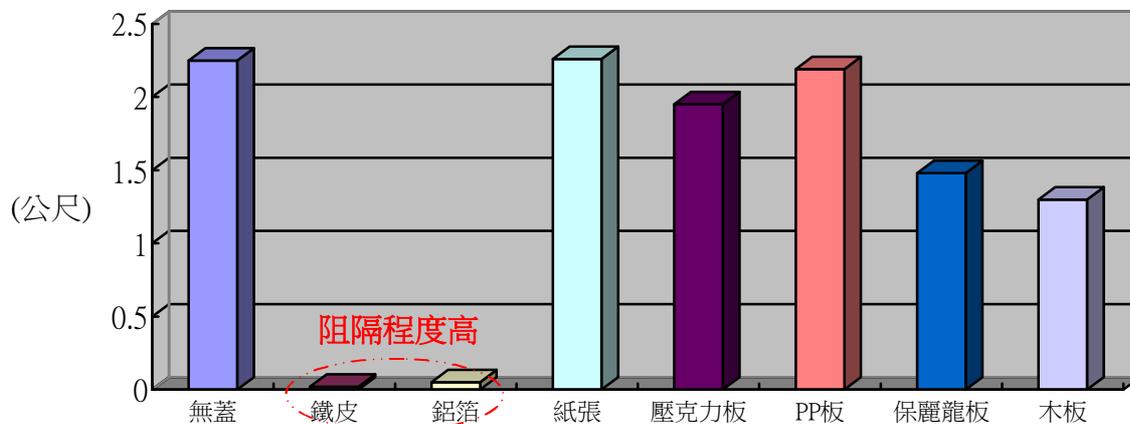


圖 7-4 不同材質阻隔遙控器訊號實驗結果直方圖

## 2.討論

- (1) 藉由不同的材質來阻隔遙控器之電磁波，可以發現當遙控器放入沒有蓋子的金屬箱時，遙控距離只剩 2.25 公尺，而電磁波強度減為  $178.3(\mu\text{W}/\text{m}^2)$ ，可以發現側向的鐵板仍會阻撓電磁波的發射。
- (2) 當我們使用鐵板及鋁箔紙等金屬類遮蔽物時，遙控器之電磁波幾乎被完全阻隔，但是遙控器發出的電磁波能量不高，因為這兩種金屬板產生的感應電磁波相當微小，強度只剩  $0.1(\mu\text{W}/\text{m}^2)$ ，遙控距離則只剩 2cm 及 5cm，可以發現即使是如鋁箔紙的薄金屬材質在阻隔遙控器之電磁波也有相當顯著的效果。
- (3) 而其他非金屬材質差異性並不大，其中木板及保麗龍板阻隔下，可遙控距離較短約為 1.3 至 1.5 公尺，可能原因是厚度所造成，而壓克力板雖然厚達 4mm，但是因為透明，而使其阻隔效果不佳，因此我們可以發現愈厚且不透光之材質在阻隔遙控器之電磁波有較為良好的效果。

#### (四) 實驗四：偏光片阻隔遙控器訊號實驗

測驗完多種不同物質對於遙控器訊號阻隔之效果後，我們思考到偏光片對於光的阻隔能力也許可以用來阻隔電磁波，因此我們將 24 片 3D 立體眼鏡之偏光片拆下並組合成二片大面積的偏光片，藉著二片偏光片光柵的不同方向，來控制光的通過狀態。

偏光片處理狀態	無偏光片	同向偏光片	交錯偏光片
照片			

#### 1. 實驗結果

表 7-4 偏光片阻隔遙控器訊號實驗結果

	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
無偏光片	2.28	175.6
同向偏光片	2.25	174.7
交錯偏光片	2.26	175.1

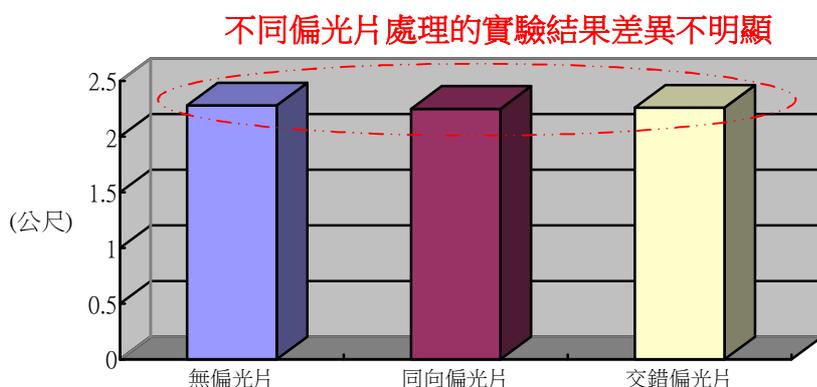


圖 7-5 偏光片阻隔遙控器訊號實驗結果直方圖

#### 2. 討論

- (1) 從實驗結果中，我們可以發現有無偏光片或者進行不同方式的放置，對於實驗的結果均影響不大，可遙控距離大致為 2.2 公尺，電磁波的強度也差異不大。
- (2) 可能的原因是偏光片對於不同頻率的光穿透強度不一樣，所以對於頻率較低的微波或無線電波之阻隔並沒有顯著的效果，因此在無偏光片或不同組合的偏光片實驗下，皆沒有明顯的差異。

### (五)實驗五：鋁箔紙上不同的孔洞阻隔遙控器訊號實驗

我們將隔絕電磁波能力與鐵板相似的鋁箔紙當做阻隔片，然後在上方切出不同大小的圓，當成是阻隔片，以了解金屬盒上的孔洞大小對於阻隔電磁波效果之影響。

半徑	2 公分	3 公分	4 公分	5 公分	6 公分
照片					

#### 一、實驗結果

表 7-5 鋁箔紙上不同的孔洞阻隔遙控器訊號實驗結果

洞半徑(公分)	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
2	0.52	58.1
3	0.62	75.3
4	0.72	78.4
5	1.07	88.3
6	1.80	103.8

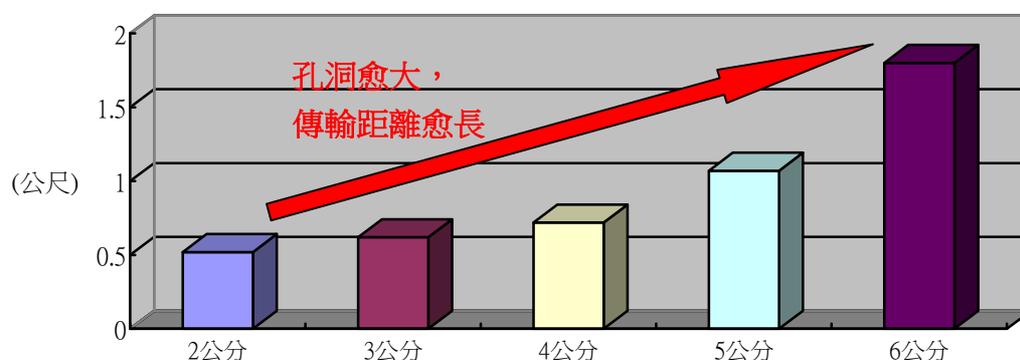


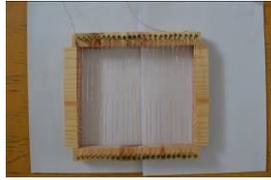
圖 7-6 鋁箔紙上不同的孔洞阻隔遙控器訊號實驗結果直方圖

#### 二、討論

- (1) 實驗結果發現隨著洞的半徑由小到大，阻隔電磁波的效果也逐漸變差，而可遙控距離分別由 0.52 公尺逐漸增加到 1.80 公尺，而電磁波強度也由  $58.1(\mu\text{W}/\text{m}^2)$  增加至  $103.8(\mu\text{W}/\text{m}^2)$ 。
- (2) 我們由實驗二得知，以鋁箔紙製作的阻隔板阻隔電磁波效果極佳，可遙控距離僅為 0.05 公尺，而孔洞出現時，則會使部份的電磁波可經由孔洞穿出，其餘鋁箔紙部份只發散出感應電磁波。
- (3) 另外，當圓半徑呈等差級數增加，而圓面積則是呈半徑之平方數增加，因此導致可遙控距離大幅變長，電磁波強度也同樣如此。

(六)實驗六：不同粗細漆包線網阻隔遙控器訊號實驗

我們將不同粗細的漆包線固定在間距 0.75 公分的釘子上，形成單向的漆包線網，藉以了解網子的金屬絲之粗細對阻隔電磁波效果之影響。

外殼	0.3mm 漆包線網	0.4mm 漆包線網	0.5mm 漆包線網	0.6mm 漆包線網
照片				

1.實驗結果

表 7-6 不同粗細漆包線網阻隔遙控器訊號實驗結果

漆包線網粗細	距離(m)	電磁波 ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
細 0.3mm	1.35	81.5
中 0.4mm	1.36	83.1
粗 0.5mm	1.32	80.9
最粗 0.6mm	1.31	77.2

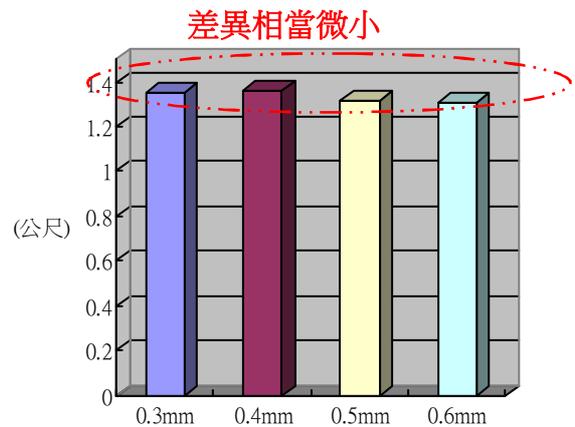


圖 7-7 不同粗細漆包線網阻隔遙控器訊號實驗結果直方圖

2.討論

- (1) 從結果我們可以發現使用粗細不同的漆包線網，遙控距離皆在 1.3 公尺左右，而電磁波強度也相差不多，因此可以歸納出金屬絲之粗細對於電磁波阻隔效果影響不大。
- (2) 可能的原因是因為網子中的金屬絲之大小，對於網子中的孔隙面積改變不大，因此對於電磁波之穿透也影響不大，並且，不同粗細的金屬網其網子的間距相同，所以產生的感應電磁波對於原電磁波之干擾也相近，因此所形成的阻隔效果沒有太大之差異。

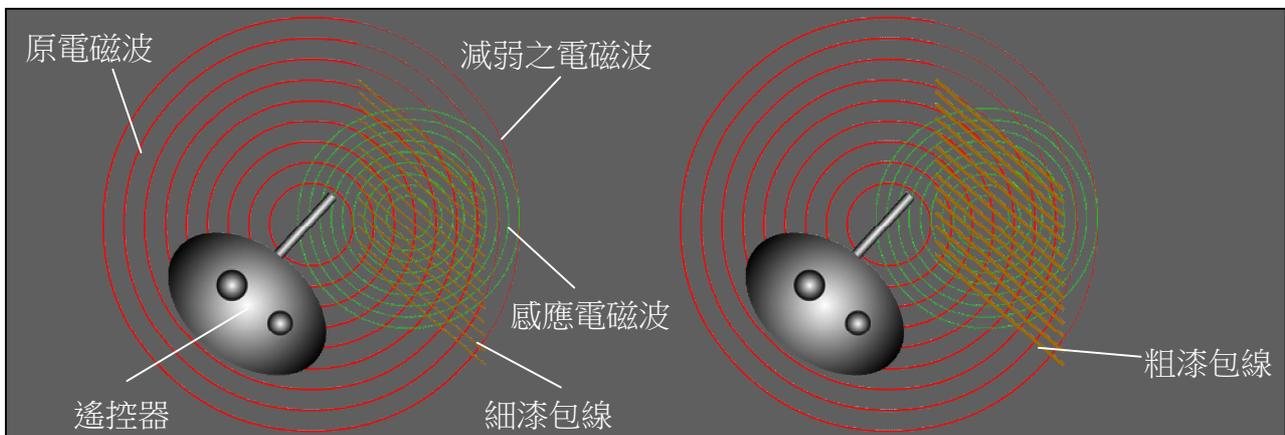
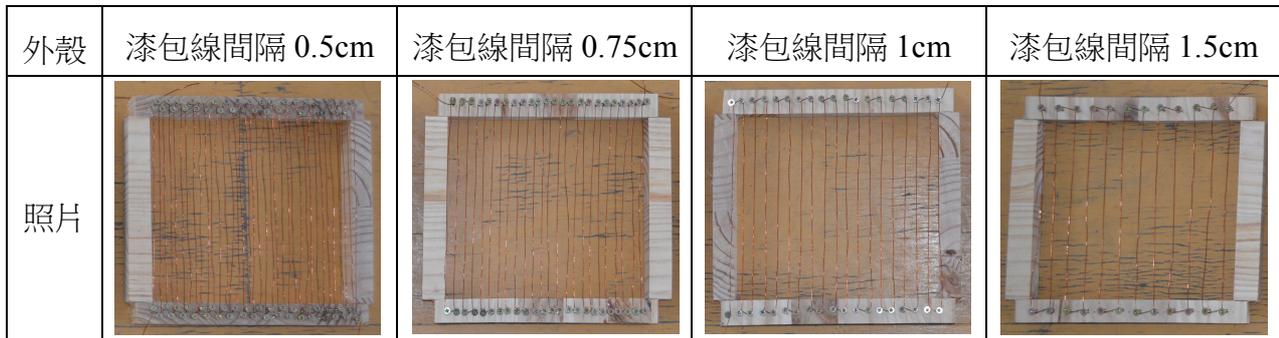


圖 7-8 不同粗細漆包線對原電磁波產生干擾示意圖

(七)實驗七：不同疏密漆包線網阻隔遙控器訊號實驗

我們將 0.5mm 粗的漆包線以單向的編法，編在不同間隔的木框上，其間隔分別為 0.5cm、0.75cm、1cm、1.5cm，以探討金屬絲的間距對阻隔電磁波效果之影響。



1. 實驗結果

表 7-7 不同間隔漆包線網阻隔遙控器訊號實驗結果

疏密間隔	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
0.5cm	0.10	0.1
0.75cm	0.28	0.1
1.0cm	1.46	88.3
1.5cm	2.08	153.8

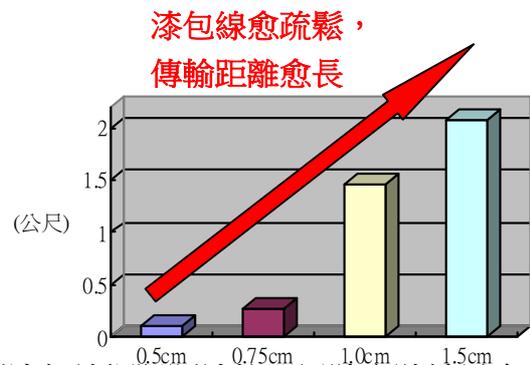


圖 7-9 不同間隔漆包線網阻隔遙控器訊號實驗結果直方圖

2. 討論

- (1) 實驗結果發現金屬絲的間隔愈小，阻隔效果愈優，且差異相當的大，可遙控距離分別為 0.10、0.28、1.46、2.08 公尺，而電磁波強度則為 0.1、0.1、88.3、153.8( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )。
- (2) 經討論後，我們認為原因可能是鐵絲的間隔愈小，則原電磁波可穿透的面積也變小，所以可穿透之原電磁波也減小。
- (3) 另外，間隔愈小的金屬網就會有更長長度的金屬線可以藉由電磁感應產生感應電磁波，進而干擾原電磁波，而使造成原電磁波的減弱。

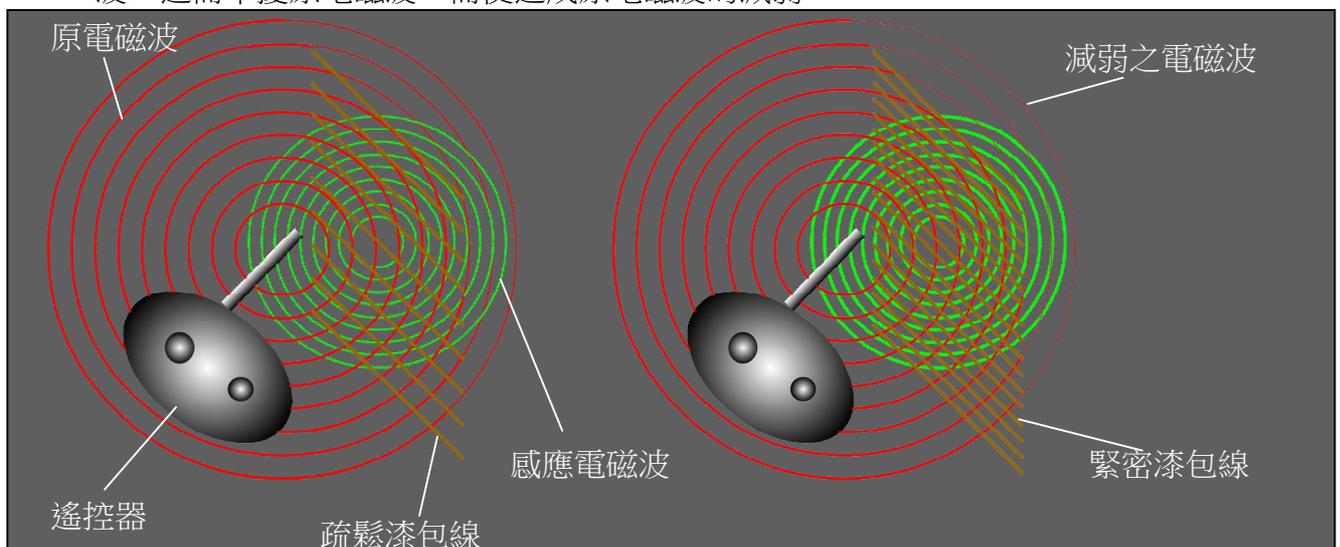


圖 7-10 不同疏密漆包線對原電磁波產生干擾示意圖

## (八)實驗八：不同疏密及網法鐵絲網阻隔遙控器訊號實驗

在確認愈緊密的漆包線會對電磁波產生愈強的阻隔後，我們進一步針對鐵絲網來進行實驗，首先將五金行買來的不同疏密之鐵絲網，部份去除橫向的鐵絲，使其呈現單向，藉以比較不同疏密的鐵絲網，編法對於鐵絲網阻隔電磁波效果之影響。

疏密及網法	較疏單向	較疏雙向	較密單向	較密雙向
照片				

### 1.實驗結果

表 7-8 不同間隔漆包線網阻隔遙控器訊號實驗結果

疏密及網法	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
較疏單向	1.62	89.5
較疏雙向	0.35	21.5
較密單向	1.40	80.4
較密雙向	0.20	0.1

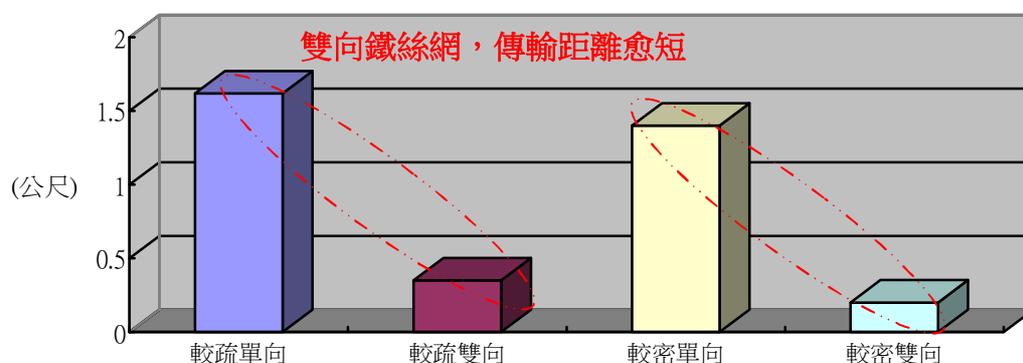


圖 7-11 不同間隔漆包線網阻隔遙控器訊號實驗結果直方圖

### 2.討論

- (1) 結果發現單向的鐵絲網進行實驗，其可遙控距離依疏密程度分別為 1.62 及 1.40 公尺，而雙向交錯的鐵絲網，其可遙控距離依序減少為 0.35 及 0.20 公尺，因此我們發現雙向交錯鐵絲網的電磁波阻隔能力略優於單向，電磁波強度也有相同的狀況。
- (2) 我們認為可能的原因是不同編法的鐵絲網，若間隔相同，則雙向交錯的鐵絲網因阻隔的面積較大，並且總長度為單向鐵絲網的兩倍，使較多遙控器所發射的電磁波被吸收，因此雙向交錯的鐵絲網之阻隔電磁波效果優於單向交錯之鐵絲網。

(九)實驗九：不同根數鐵絲阻隔遙控器訊號實驗

在確認愈密集或雙向編法的鐵絲網阻隔電磁波的效果愈好後，我們進一步採用單獨的鐵絲來探討鐵絲的密度對於阻隔電磁波之影響，首先將鐵絲剪成 15 公分一段，並折成口字形，將折好的鐵絲掛在金屬箱上，藉以探討不同根數鐵絲阻隔電磁波效果之影響。

鐵絲數	0 根	2 根	4 根	6 根
				
鐵絲數	8 根	10 根	12 根	
照片				

1. 實驗結果

表 7-9 不同根數鐵絲阻隔遙控器訊號實驗結果

鐵絲數	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
0	2.11	113.1
2	1.88	98.2
4	1.86	97.5
6	1.73	85.6
8	1.69	80.5
10	1.33	75.5
12	1.29	75.6

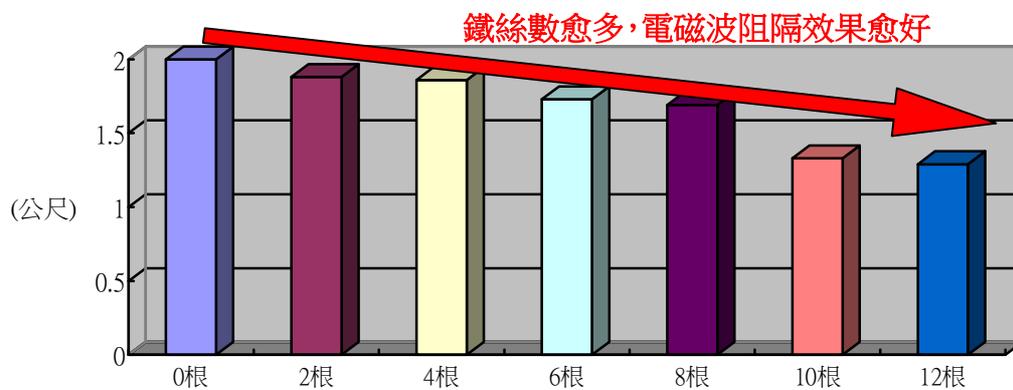


圖 7-12 不同根數鐵絲阻隔遙控器訊號實驗結果直方圖

## 2.討論

- (1) 實驗結果發現鐵絲數量由少到多，可遙控距離依序為 2.11、1.88、1.86、1.73、1.69、1.33、1.29 公尺，而穿透的電磁波強度也同樣有此趨勢，我們進一步歸納出鐵絲數量愈多，則電磁波的阻隔效果愈好。
- (2) 我們認為可能的原因是鐵絲佔電磁波穿透面積的比例上相當小，造成電磁波受到阻隔的原因是鐵絲因電磁感應而產生感應電磁波，而此感應電磁波的感應電動勢與天線的電動勢相反，因此感應電磁波的振幅與原電磁波相反，會有抵消的效果產生，而鐵絲愈多，則抵消的效果愈大。

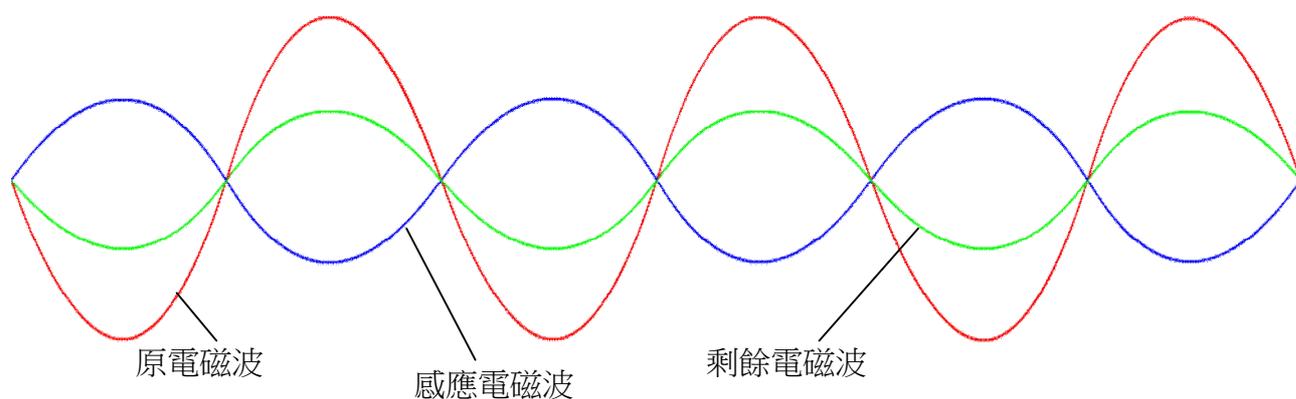


圖 7-13 感應電磁波對原電磁波形成抵消示意圖

(十)實驗十：不同形式的天線增強電磁波效果實驗

我們將金屬箱蓋上鐵蓋，此時電磁波已被高度的隔絕，於是我們以鐵絲為材質，設計了8種不同形式的天線，並將鐵蓋上的絕緣漆刮除，使天線與鐵蓋形成可傳導電流的狀態，藉此探討不同的天線對於增強電磁波效果之影響。

天線	直線	二叉	三叉	四叉
照片				
天線	水平鋼棉	直立鋼棉	水平板形	直立板形
照片				

1.實驗結果

表 7-10 不同形式天線增強電磁波效果實驗結果

天線	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
直線	0.35	0.1
二叉	0.36	0.1
三叉	0.37	0.1
四叉	0.36	0.1
水平鋼棉	0.22	0.1
直立鋼棉	0.34	0.1
水平板形	0.23	0.1
直立板形	0.35	0.1

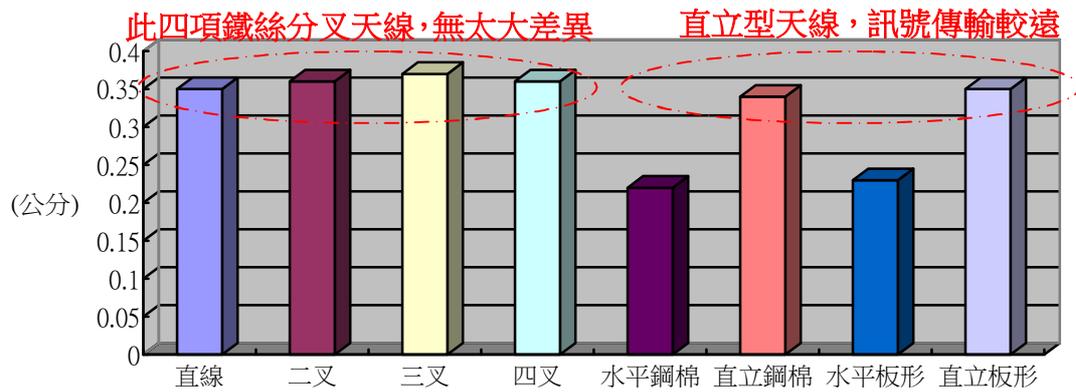


圖 7-14 不同形式天線增強電磁波效果實驗結果直方圖

## 2. 討論

- (1) 實驗結果發現在直線、二叉、三叉及四叉等四種天線的輔助下，可遙控距離皆為 0.36 左右，而測得的電磁波強度皆為  $0.1(\mu\text{W}/\text{m}^2)$ ，而直立式的鋼棉或板形天線的可遙控距離較遠，分別為 0.34、0.35 公尺，而水平式的鋼棉或板形天線的可遙控距離較近，分別為 0.22、0.23 公尺，而電磁波強度同樣為  $0.1(\mu\text{W}/\text{m}^2)$ 。
- (2) 我們認為可能的原因是各種不同的形狀的天線影響其可遙控之距離主要是長度，因為天線本身受到箱子內部電磁波的感應，使原本的遙控距離由 0.09 公尺增加至 0.36 公尺，而不同的分叉之形狀並無法延長其遙控距離。
- (3) 另外，鋼棉與板形之天線，可能因為末端之材質與天線主軸接觸不佳，而使感應電磁波減弱，但是當我們把天線立起，則因為電磁波發散的方向與天線平面垂直，所以可以獲得更遠的傳遞。

### (十一)實驗十一：前方金屬物對電磁波傳輸影響實驗

我們採用鋁箔紙做為隔絕片，並在中間留下 2 公分半徑的圓孔洞，然後將鐵棒立在金屬箱的前方不同距離處，測量遙控汽車的可遙控距離，藉此了解遙控器前方的金屬物對電磁波傳輸之影響。



圖 7-15 鐵棒立在金屬箱的前方

#### 1. 實驗結果

表 7-11 前方金屬物對電磁波傳輸影響實驗結果

鐵棒位置(cm)	距離(m)
15	0.38
30	0.45
45	0.58
60	0.62
75	0.63
90	0.70
105	0.66

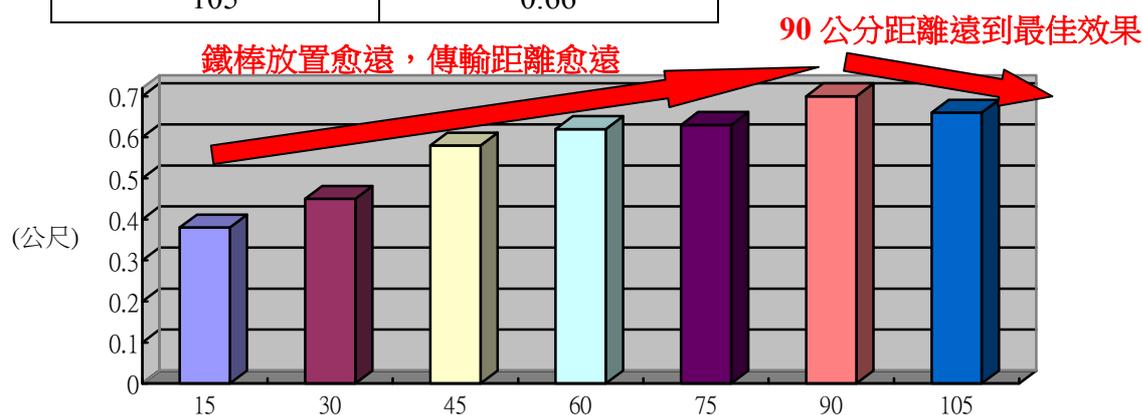


圖 7-16 前方金屬物對電磁波傳輸影響實驗結果直方圖

#### 2. 討論

- (1) 實驗結果發現當鐵棒距離 15 及 30 公分時，可遙控距離由原本的 0.52 公尺減少為 0.38 及 0.45 公尺，而當鐵棒距離增加至 45、60、75、90 及 105 公分時，則可遙控距離增加為 0.58、0.62、0.63、0.70、0.66 公尺。
- (2) 我們認為可能的原因是金屬箱前的鐵棒會吸收而減弱要電磁波，所以若鐵棒放置太近，雖可吸收較強的電磁波，並散發出較強的感應電磁波，但因其與金屬箱距離也較近，所以可遙控距離便被拉近，相反的，若鐵棒放置距離較遠，則可將感應電磁波傳達至離金屬箱較遠的位置。
- (3) 但是，當鐵棒距離過遠時，則會使效果變差，如本實驗之 105 公分處，因為鐵棒所能感應到的遙控器之電磁波已較微弱，因此所能產生的感應電磁波便減小許多。

## (十二)實驗十二：遙控器電源線對電磁波傳輸影響實驗

我們曾經以變壓器提供電源給充電器，發現可遙控距離相當的遠，因此我們認為電源線具有協助傳遞訊號之功能，因此本實驗將原本裝於遙控器內的電池外接到電池座，並改變電源線的長度，以探討電源線對於電磁波傳輸的影響。

遙控器放置位子及電源線接法	放置金屬箱外 無電源線	放置金屬箱內 無電源線	放置金屬箱內 一段電源線	放置金屬箱內 二段電源線
照片				

### 1. 實驗結果

表 7-12 遙控器電源線對電磁波傳輸影響實驗結果

疏密及網法	距離(m)	電磁波( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )
放置金屬箱外 無電源線	40	8935.5
放置金屬箱內 無電源線	2.3	153.7
放置金屬箱內 一段電源線	40.5	9315.0
放置金屬箱內 二段電源線	43	9857.8

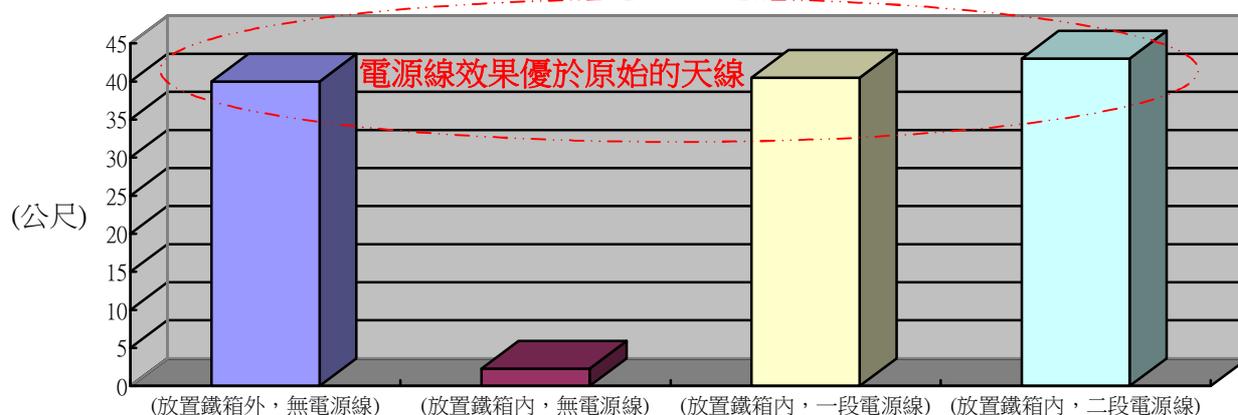


圖 7-17 遙控器電源線對電磁波傳輸影響實驗結果直方圖

## 2.討論

- (1) 實驗結果發現遙控器藉由電源線來連接電池，可增加訊號傳遞的距離，使用二段電源線的傳遞訊號效果最好，距離為 43 公尺，其次是使用一段電源線，距離為 40.5，兩者皆略優於直接將遙控器放置在金屬箱外的距離 40 公尺，而將遙控器放在金屬箱內則遙控距離則大為縮短為 2.3 公尺。
- (2) 我們認為將遙控器放置在金屬箱中，無蓋的金屬箱會大幅減弱遙控器的訊號，若將遙控器放置在金屬箱外時，訊號的傳遞則不會受到阻擋，而當我們將電池從電池座內移出到電源線另一端的電池盒時，使電池、電源線及遙控器內部電路形成通路，因此電池線也同樣會形成相同頻率的電壓脈衝，而當此電壓脈衝與天線上的電磁波相同時，則電源線就具有天線傳遞訊號的效果。
- (3) 另外，通過電源線的電量愈大，電源線產生的電磁波強度也會愈強，並且電源線的長度愈長也會使電磁波的強度愈強。

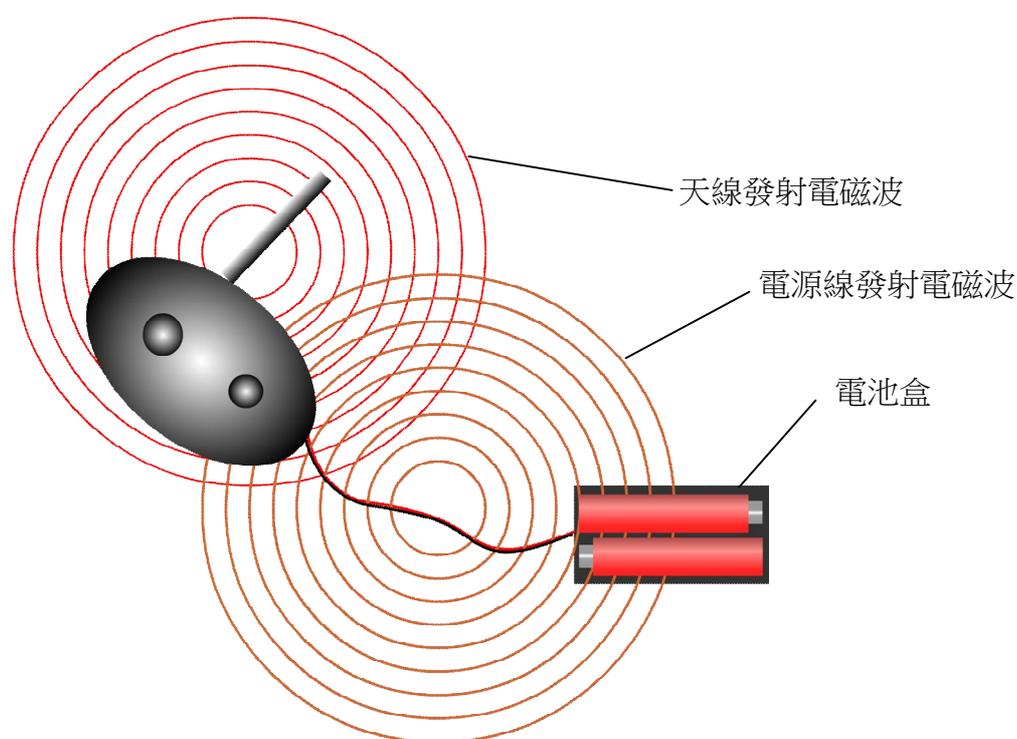


圖 7-18 電源線如同天線產生電磁波示意圖

## 八、結論

綜合本研究五大目的個別實驗所獲得之結果及討論，我們推論出下列十二項結論，以下依序說明。

- (一) 紅外線原理遙控器不會受到金屬網狀物所影響而減短遙控距離，而電磁波原理遙控器則會因金屬物而受干擾。
- (二) 與平板電腦距離近之金屬箱因為受 Wi-Fi 電磁波感應，並無法隔絕訊號，只能稍微減弱強度。
- (三) 一般非金屬材質之物品在阻隔遙控器電磁波之效果相當有限，只能靠著增加厚度來減弱電磁波，而細薄的鋁箔紙為金屬物，所以阻隔遙控器之電磁波效果很好。
- (四) 一般 3D 眼鏡之偏光片可用於阻隔特定頻率的光，但對於電磁波的阻隔效果不佳。
- (五) 金屬網的粗細對於電磁波的阻隔差異不大，因為金屬網不只會遮蔽電磁波的穿透路徑，也會產生感應電磁波來干擾與消弱原電磁波。
- (六) 金屬網的疏密對於電磁波的阻隔有相當程度的影響，因為除了增加一些遮蔽面積，也增加了可干擾原電磁波的感應電磁波。
- (七) 金屬網的編法愈複雜，如雙向就較單向複雜，則阻隔電磁波的效果就會更好。
- (八) 金屬物品所形成的感應電磁波會干擾及抵消原電磁波。
- (九) 用來阻隔電磁波的金屬平面上，其孔洞面積愈大，則電磁波愈容易穿透出來，而其餘的電磁波則被金屬阻隔下來，或被干擾減弱。
- (十) 在密閉之金屬箱外，若能架設愈長的天線，則訊號能傳的愈遠，並且天線的平面與欲傳輸的方向呈垂直，效果較佳。
- (十一) 在阻隔遙控器之金屬箱外放置鐵棒，若距離較遠，則可將感應電磁波傳達至離金屬箱較遠的位置，但鐵棒若離遙控器過遠，則感應電磁波會下降，使訊號無法傳遞的更遠。
- (十二) 訊號發射器若以電源線來做為電力來源，則電源線將具備有天線的效果。

## 九、參考資料

行政院衛生署國民健康局出版社編輯室(民 96 年)。漫談電磁波。台北市。行政院衛生署國民健康局。

陳抗生(民 95 年)。電磁場與電磁波。台北市。新文京。

吳宗哲、黃泰翰、羅喬嶽(民 91 年)。電磁感應—無接點充電。科展群傑廳。民 102 年 10 月 15 日，取自：<http://science.ntsec.edu.tw/>

Ch6 電磁感應(無日期)。台北市建國中學阿信物理教室。民 102 年 10 月 15 日，取自：<http://www.ck.tp.edu.tw/~pxhuang/lecture/EM-Induction.ppt>

鄭士康(民 97)。第 6 章 天線。鄭士康 Shyh-Kang Jeng。民 102 年 10 月 20 日，取自：<http://cc.ee.ntu.edu.tw/~skjeng/>

黃福坤(民 103)。收音機的原理--電磁波。悟理!物理。民 103 年 2 月 5 日，取自：[www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/everydayPhysics/radio.html](http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/everydayPhysics/radio.html)

電磁波(民 103)。維基百科。民 103 年 2 月 5 日，取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E7%A3%81%E6%B3%A2>