

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080829

「屏」什麼讓 WiFi 訊號更好？

—WiFi 基地台集中訊號背屏之探究

學校名稱：桃園市蘆竹區蘆竹國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳冠妤	林哲賢
小六 鍾宜倩	
小六 鄭永延	
小六 黃家榆	
小六 王俊智	

關鍵詞：集中訊號背屏、WiFi、電磁波

摘要

網路流傳大量影片與新聞短片，顯示 WiFi 訊號不良的空間中，只要在基地台天線後方擺放鋁罐裁剪後的拋物面型背屏，就可提升 WiFi 訊號收訊端的強度。為驗證此說法，本研究主要針對背屏對 WiFi 訊號的影響來設計相關實驗，以背屏材質、面積大小、厚薄、形狀、顏色、乾濕性與室內外空間使用等變因來探究背屏特性，並設計不採用耗電的訊號強波器下，使用生活簡易取得物品，來製作出提升 WiFi 效能的 WiFi 訊號集中背屏。最後應用背屏優化訊號強度特性，以最省經費、提升效能最高且最節能環保為目標，提供學校最佳的 WiFi 使用效能改善方法。

壹、研究動機

在學校上課看影片的時候，常常聽到老師說 WiFi 訊號不良無法播放影片。我們有想過，是不是可以增強 WiFi 訊號強度來解決問題？有的同學提出購買訊號強波器的建議，但老師說訊號強波器需要長時間插電十分不環保，所以我們決定不採用。之後，有同學上網看到將鋁罐裁減成拋物面背屏，掛載基地台天線後方，就能夠增強 WiFi 訊號強度的影片，因此我們決定深入研究何種背屏能更有效提升 WiFi 訊號強度。最後，以學校做為實驗對象，希望應用我們的實驗結果來改善學校 WiFi 的使用環境，讓全校師生都能享受到更好的 WiFi 網路使用品質，更提升教學和學習效能。

貳、研究目的

- 一、驗證 WiFi 基地台後方擺放背屏，訊號變化與訊號增強的可行性。
- 二、找尋背屏增強效果最佳時的材質、形狀、顏色和大小。
- 三、利用生活周遭簡便取得的物品，製作簡易型的背屏。
- 四、驗證擺放背屏後，收訊狀況在室外和室內空間不同環境影響下的相關性。
- 五、應用實驗結論，改善本校啟學樓 WiFi 的使用效能。

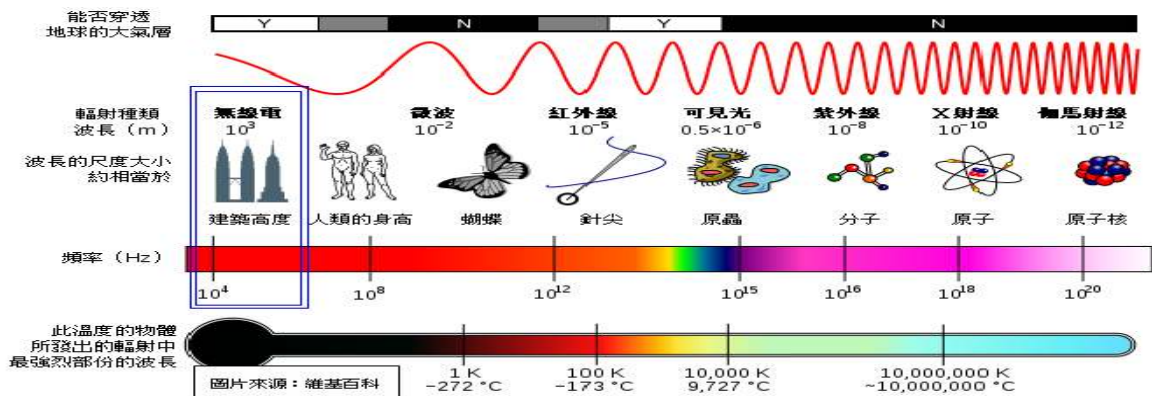
參、研究設備及器材

一、架設 WiFi 基地台	WiFi 基地台機組(D-Link DIR-615)(WL-520GU)(TL-WR842ND)、背屏材料固定支架組、學生木桌、電源延長線、捲尺。
二、測試訊號用推車	手機(HTC-Butterfly)(SANSUNG-S6)、小型推車、木椅、書本若干。
三、背屏材料	背屏材料固定支架組、黑色和白色不織布、黑色和白色棉布、厚 2.0cm 和厚 1.0cm 保麗龍板、平底鍋、鋁罐、鐵桶、湯勺、篩網、勺子、寶特瓶、紙杯、人造纖維布、乖乖桶鐵桶。
四、數據分析 APP	WiFi 訊號強度偵測 App：Wifi 分析儀、Wifi Analyzer  
五、自製訊號增強背屏	鐵罐、AB 膠、塑膠有孔底座、不織布、塑膠棍

肆、研究過程和方法

一、無線網路性質與傳輸方式探究

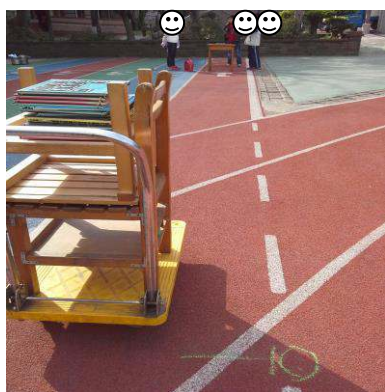
根據共振原理，無線電波可以由天線發射出去或接收回來，其波長在幾百公尺至一厘米間。通過調變，可將信息加載於無線電波。因此無線電波可以用來傳遞信息。電視、行動電話、無線網路和業餘無線電，都使用無線電波來傳遞信息。



WiFi 網路有效傳輸範圍很有限，在室內約 50 平方米（538 英尺），而在室外約 140 平方米（1,500 英尺）。因為 WiFi 的頻率由於電波傳播的複雜性，特別是樹和建築物影響信號的反射，所以只能大約預測出 WiFi 涵蓋部分地區的發射器信號強度。

二、實驗設計

WiFi 傳輸易受週遭環境影響，因此我們選擇校園環境中最寬廣的操場來當實驗場地。首先在學校操場的跑道上擺放木桌，桌上裝設基地台並加裝天線。在收訊用手推車上擺放木椅和書本，利用書本調整手機離地面高度使與桌面的基地台離地高度相同，避免因測試者手持手機高低不同產生基地台和手機直線測試距離的誤差。為了讓推車在每次實驗行進時都能保持筆直前進，設定第一跑道為推車前進跑道，並在跑道上以捲尺量測距離木桌 10m、20m、30m、40m、50m、60m 和 75m 等訊號偵測點，最後進行各項實驗如下：



距離	無天線	有天線
10m(第 1 次)	-94	-72
10m(第 2 次)	-91	-61
10m(均值)	-92.5	-66.5
20m(第 1 次)	-100	-76
20m(第 2 次)	-100	-65
20m(均值)	-100	-70.5
30m(第 1 次)	-100	-83
30m(第 2 次)	-100	-63
30m(均值)	-100	-73
40m(第 1 次)	-100	-82
40m(第 2 次)	-100	-82
40m(均值)	-100	-82
50m(第 1 次)	-100	-82
50m(第 2 次)	-100	-71
50m(均值)	-100	-76.5
60m(第 1 次)	-100	-86
60m(第 2 次)	-100	-68
60m(均值)	-100	-77
75m(第 1 次)	-100	-80
75m(第 2 次)	-100	-75
70m(均值)	-100	-77.5

(一)實驗一：檢測 WiFi 基地台在無背屏時的訊號強度。

在書本上擺放手機，移動推車到各測試距離，到達各測試距離點時停頓 5 秒，以排除手機收訊程式接收速度過慢產生的誤差，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。再拔除基地台天線後，以相同實驗方式進行測試，結算數據平均值，供後續實驗做為對照用。

(單位 dBm)

(二)實驗二：探討訊號集中背屏的可行性。

網路上流傳將鋁罐裁剪成拋物面後，掛載在基地台天線後方就可以增強訊號，為驗證網路實驗的真實性，我們除了鋁罐以外，還準備了其他材質當背屏，探討各材質的訊號集中背屏效果，實驗如下：

1. 用剪刀將鋁罐、寶特瓶和紙杯剪開，使罐裝外觀變成拋物面型。



2. 依序在基地台天線後方擺放各材質背屏，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。

材質	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m
鋁罐	-59	-65	-59	-66	-73	-79	-85
寶特瓶	-51	-62	-68	-69	-73	-76	-80
保麗龍盒	-56	-55	-63	-71	-74	-72	-73
紙杯	-61	-60	-61	-65	-70	-74	-76
平底鍋	-59	-55	-63	-71	-68	-76	-76
勺子	-56	-63	-66	-69	-78	-69	-71
棉布	-59	-54	-61	-70	-75	-69	-82
不織布	-56	-54	-63	-66	-67	-74	-75
人造纖維布	-59	-55	-64	-66	-70	-72	-70

(單位 dBm)

(三)實驗三：探討背屏材料乾濕性對訊號傳輸距離和強度的影響。

因每次實驗都是在戶外，天氣狀況陰晴不定，有組員提出背屏會不會因環境濕度受潮，而改變訊號反射強度的問題，所以我們準備了下列實驗來檢驗：

1. 在基地台天線後方架設支撐架。
2. 依序在支撐架架設面積相同的乾棉布、乾不織布和乾人造纖維布等背屏材料，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。
3. 將步驟 2 各布料浸泡自來水，稍微扭乾各布料使吸附的水不會滴落。
4. 同步驟 2，依序架設濕棉布、濕不織布和濕人造纖維布等背屏材料，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。

材質	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m
乾棉布	-51	-55	-67	-68	-74	-65	-74
濕棉布	-48	-60	-64	-67	-76	-74	-73
乾不織布	-53	-53	-55	-68	-68	-72	-66
濕不織布	-46	-55	-71	-65	-73	-74	-77
乾人造纖維布	-50	-51	-57	-64	-73	-68	-68
濕人造纖維布	-54	-64	-65	-76	-74	-72	-77

(單位 dBm)

(四)實驗四：探討背屏材料的顏色深淺對訊號傳輸距離和強度的影響。

在五年級「熱的傳播」單元，我們曾學過黑色材質吸熱效果較強是因為黑色材質不易產生光反射，根據這個現象，我們懷疑 WiFi 基地台背屏顏色是否會影響訊號反射強度，針對這個疑點，我們設計了下列實驗來檢驗：

1. 支撐架上架設面積 20*20 且厚度相同的黑、白棉布背屏，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。

材質顏色	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m
黑棉布	-50	-54	-58.5	-55.5	-59	-61.5	-65
白棉布	-61	-60	-58.5	-67.5	-66	-73.5	-67.5

(單位 dBm)

2. 支撐架上改架設厚度相同，面積為 20*20 的黑色和白色不織布背屏，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。

材質顏色	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m
黑不織布	-50	-54	-58.5	-55.5	-59	-61.5	-65
白不織布	-61	-55	-58.5	-67.5	-66	-73.5	-67.5

(單位 dBm)

(五)實驗五：探討背屏厚薄度對訊號傳輸距離和訊號強度的影響。

在實驗四中，有小組成員發現不織布和棉布兩材質的厚度不同，產生背屏厚度對訊號強度影響的疑問。另外，此疑點也關係到實驗四的正確性，為驗證背屏厚薄度對訊號的關係性，我們改用保麗龍板作為背屏材質並設計以下實驗：

1. 在支撐上架設厚度 2.0cm，面積為 20*20 的保麗龍板背屏，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。
2. 支撐架上改換架設厚度 1.0cm，面積為 20*20 的保麗龍板背屏，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。

材質厚度	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m
厚 1.0cm	-51.5	-63.5	-60	-63.5	-63.5	-66.5	-77.5
厚 2.0cm	-60	-59.5	-65	-69	-69.5	-74.5	-76

(單位 dBm)

(六)實驗六：探討背屏面積大小對訊號傳輸距離和訊號強度的影響。

小組成員提出疑問，既然基地台訊號背屏是靠反射原理來強化，何不利用增大背屏面積來增強訊號的假設，為驗證面積和訊號強度的關係，我們設計實驗如下：

1. 將實驗四和實驗五所做過的背屏材質，包含黑色和白色棉布、黑色和白色不織布、厚 1.0cm 保麗龍板和厚 2.0cm 保麗龍板等，加大面積為 30*20、50*40、和 60*40。
2. 將各面積的材料依序架設於支撐架上，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。

面積 30*20	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m
厚 1.0cm 保麗龍板	-54.5	-53.5	-54.5	-63.5	-63.5	-67.5	-71
厚 2.0cm 保麗龍板	-53	-55	-60.5	-62.5	-64	-74	-69.5
黑棉布	-52.5	-59.5	-56	-62	-59	-63	-71
白棉布	-53.5	-62.5	-60.5	-61.5	-73	-67.5	-72
黑色不織布	-48.5	-49.5	-54	-53.5	-61	-64	-68.5
白色不織布	-63.5	-62.5	-60.5	-61.5	-73	-67.5	-72

(單位 dBm)

面積 50*40	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m	
厚 1.0cm 保麗龍板	-50.5	-53	-56.5	-60.5	-60.5	-67	-69.5	
厚 2.0cm 保麗龍板	-55.5	-66	-71.5	-77	-73	-74.5	-70.5	
黑棉布	-55.5	-58.5	-55	-57	-59	-60	-70.5	
白棉布	-62.5	-64	-66.5	-67	-64	-65.5	-77.5	
黑色不織布	-53.5	-55	-56	-64.5	-68.5	-70.5	-71.5	
白色不織布	-64	-65.5	-65	-57	-65	-65.5	-74	(單位 dBm)

面積 60*40	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m	
厚 1.0cm 保麗龍板	-51	-53	-52.5	-59.5	-59.5	-64	-75.5	
厚 2.0cm 保麗龍板	-55	-62	-64.5	-66	-68.5	-70.5	-73.5	
黑棉布	-50	-51.5	-54.5	-62.5	-63	-63	-64	
白棉布	-52.5	-58.5	-60	-65.5	-66.5	-70	-71	
黑色不織布	-49.5	-51.5	-59	-55.5	-64	-64	-71	
白色不織布	-54.5	-53.5	-53	-66	-71.5	-70	-71.5	(單位 dBm)

(七)實驗七：設計更好的背屏增加無線基地台的訊號傳輸距離和訊號強度。

為了設計比網路流傳的拋物面型鋁罐效果更佳的背屏，小組研究了實驗一～七所有的變因後，採搭配組合各變因的方式希望找到增強效果更好的訊號集中背屏原型。

1. 取厚度相同的大、中、小三種體積鐵桶和厚度較薄一些的乖乖桶鐵桶，分別以黑色不織布將桶口包覆封口，作成桶狀背屏後，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。
2. 改以白色不織布將桶口包覆封口，作成桶狀背屏後，移動推車於基地台前直線距離 10m~75m，各測試距離停頓 5 秒以排除收訊誤差和干擾，5 秒後記錄 WiFi Analyzer 偵測到的連續數據，並結算各距離數據平均值。

黑不織布封口	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m	
乖乖桶	-53	-54.5	-57	-55	-61.5	-57.5	-67.5	
小鐵桶	-53.5	-62	-53.5	-63	-62	-64	-66	
中鐵桶	-49.5	-51	-50.5	-55	-60.5	-58	-60.5	
大鐵桶	-51.5	-52	-54.5	-55.5	-55.5	-61	-65	(單位 dBm)

白不織布封口	10m	20m	30m	40m	50m	60m	75m	
乖乖桶	-54	-54	-56.5	-61.5	-65.5	-64.5	-60	
小鐵桶	-52	-57.5	-61.5	-58.5	-60	-63	-67	
中鐵桶	-50	-50.5	-51.5	-52	-61.5	-63	-60.5	
大鐵桶	-52	-51	-56	-56	-57.5	-61.5	-69	(單位 dBm)

(八)實驗八：探討背屏在同樓層但不同隔間中，WiFi 受背屏影響的情況。

經過調查後，我們發現學校啟學樓為校內 WiFi 訊號源最少的區域，所以我們選定此大樓三樓相鄰的自然科及英文科兩間教室為實驗場地，設計以下實驗步驟：

1. 在自然科教室一角架設基地台，以英文科教室一角呈對角線方向擺放。
2. 在自然科和英文科兩間教室的四個角落以面向基地台方向進行訊號偵測，各角落偵測前先停頓約 15 秒以排除收訊誤差和干擾，連續記錄 30 次訊號偵測值，並結算實驗數據的極限值、極限落差值和平均值。(※詳見模型屋展示)

(九)實驗九：探討背屏在不同樓層但相同隔間的相關位置中，WiFi 受背屏影響的情況。

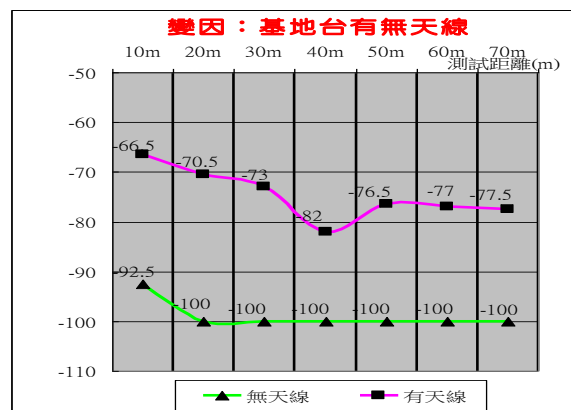
我們選定啟學樓二、三樓互為上下相關位置的英文科及社會科兩間教室為實驗場地，設計以下實驗步驟：

1. 在英文科教室一角架設基地台，以英文科教室對角線方向擺放。
2. 在英文科和社會科兩間教室的四個角落以面向基地台方向進行訊號偵測，各角落偵測前先停頓約 15 秒以排除收訊誤差和干擾，連續記錄 30 次訊號偵測值，並結算實驗數據的極限值、極限落差值和平均值。（*詳見模型屋展示）

伍、研究結果

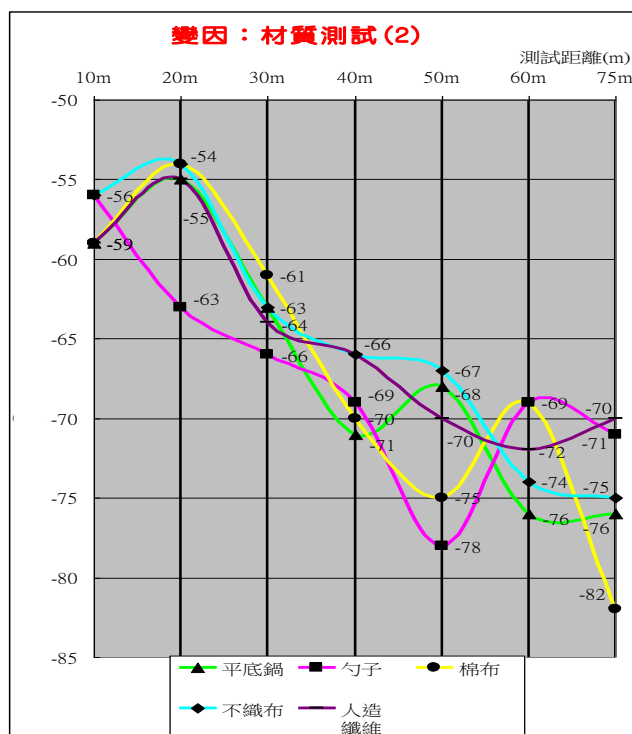
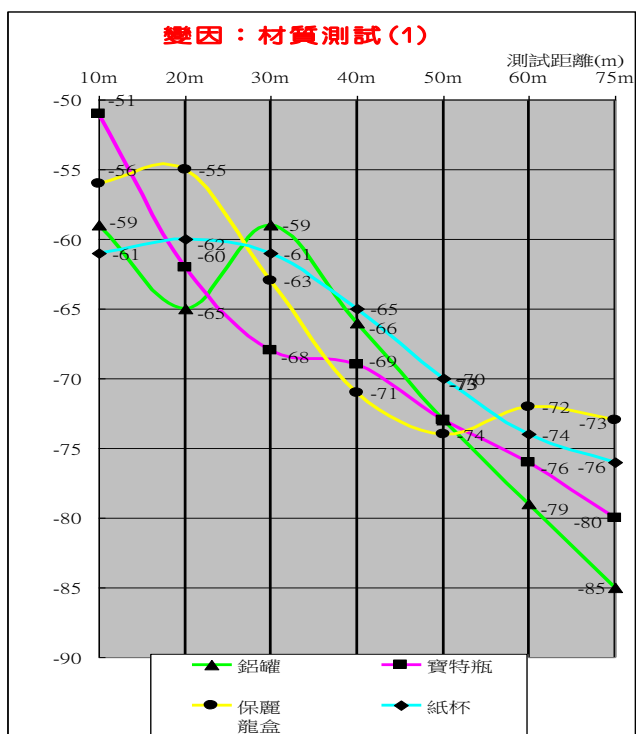
一、實驗一：檢測 WiFi 基地台在無背屏時的訊號強度。

從實驗數據分析可發現裝設天線後大幅增加訊號強度。但特別的是 40m 所測試的數據卻低於距離較遠的 50m~75m，且以 40m 為中心劃分左右兩側，兩側都各有一強度高點(以下簡稱雙峰現象)總體而言，訊號強度皆隨距離增加而減弱。



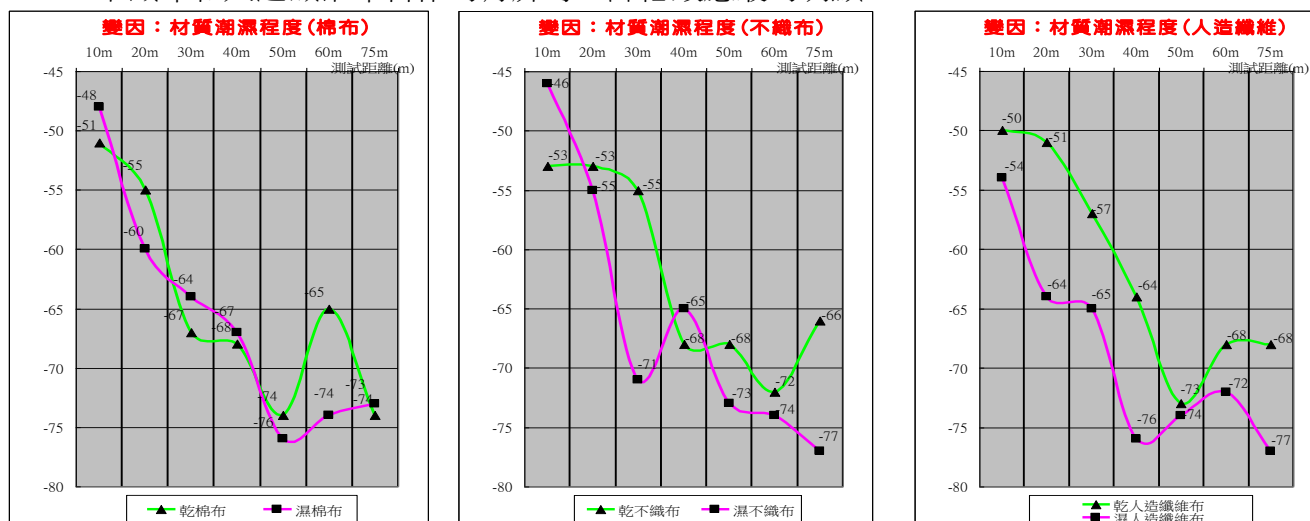
二、實驗二：探討訊號集中背屏的可行性。

經數據分析發現，擺放不同的背屏材質都有效增加訊號強度，顯見擺放背屏提升訊號強度的可行性高。但總體數據看來，有效增加近距離訊號強度的材質不一定能增加遠距離訊號強度。另外，數據也顯示網路流傳的拋物面型鋁罐並不是效果最好的背屏。



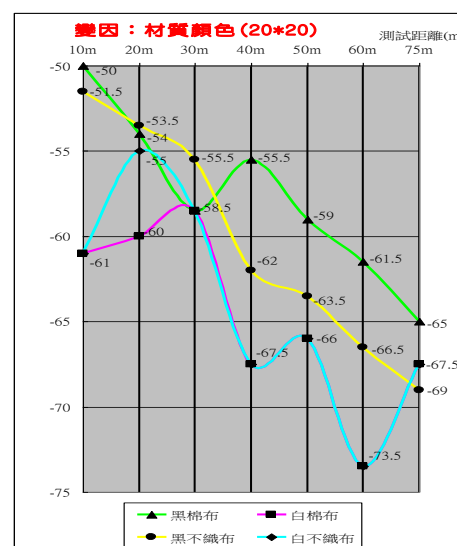
三、實驗三：探討背屏材料乾濕性對訊號傳輸距離和強度的影響。

實驗數據分析可發現，濕度較高的材質多數測試距離點的訊號強度都降低，尤其在不織布和人造纖維布料作為背屏時，降低效應最為明顯。



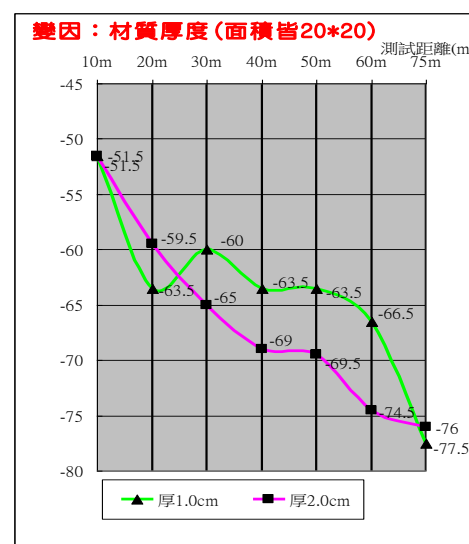
四、實驗四：探討背屏材料的顏色深淺對訊號傳輸距離和強度的影響。

實驗數據分析發現，在面積、厚薄度相同的棉布和不織布，黑色背屏材質數據比白色背屏材質好，各距離測試的數據比無背屏的數據還要高。顯示出黑色材質的背屏，增強訊號效果較佳。



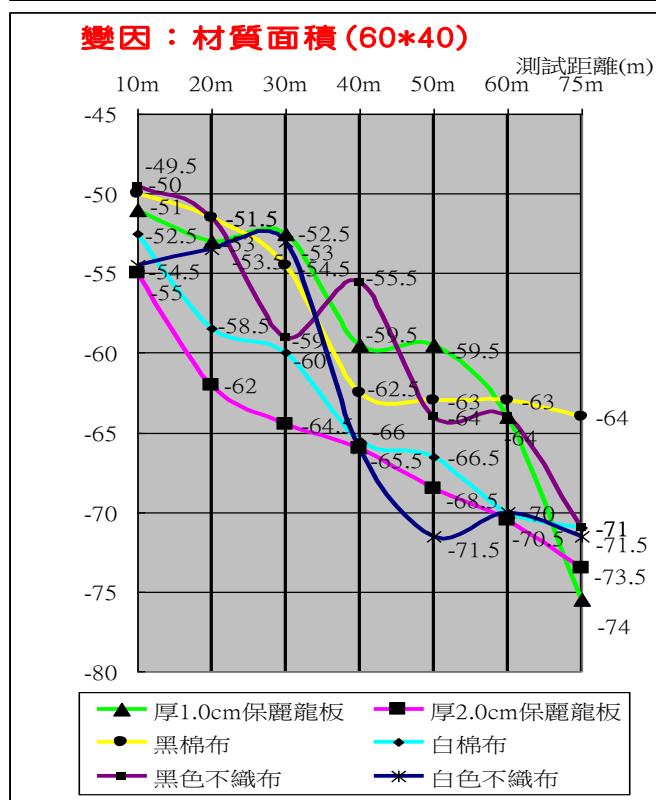
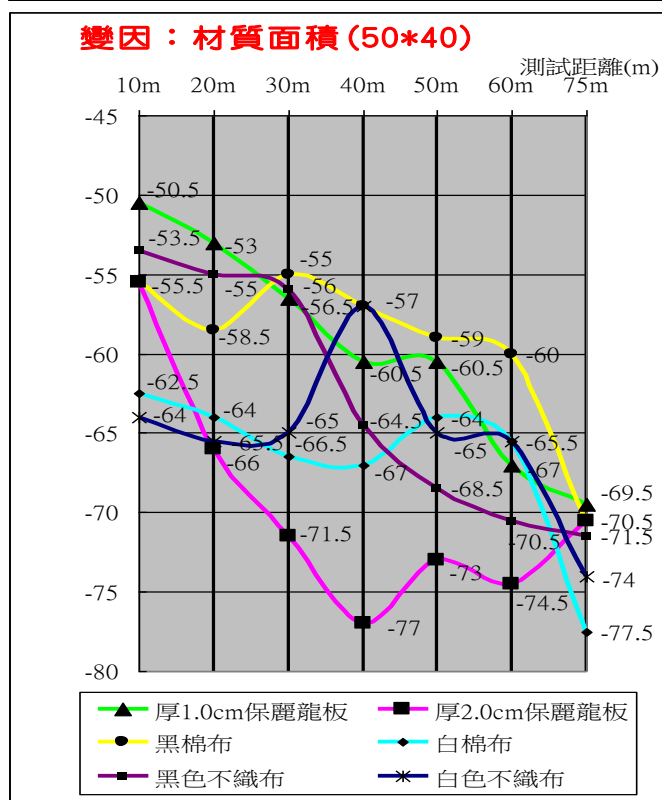
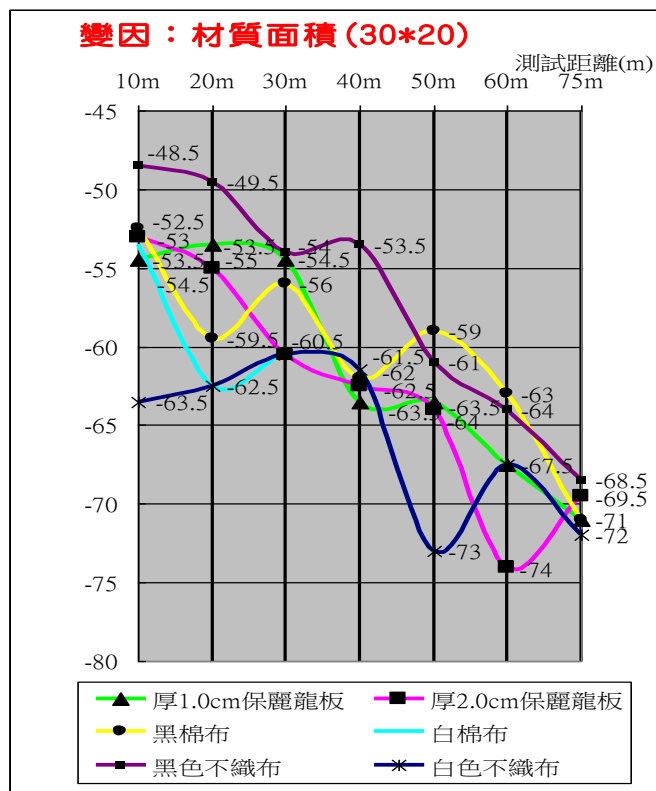
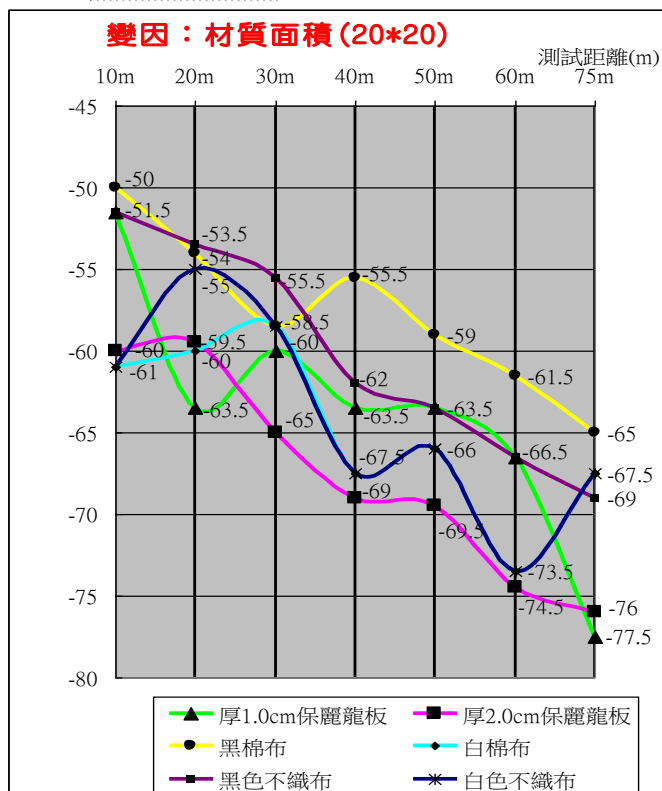
五、實驗五：探討背屏厚薄度對訊號傳輸距離和訊號強度的影響。

數據分析發現，背屏材質面積大小相同的保麗龍板，厚度較厚的數據在近距離數據比較薄的好，到30m以薄材質訊號較強，到75m又變成較厚材質數據強好，由於數據互有高低，無法明顯判斷出材質厚度有效增強訊號，所以我們決定進行實驗六時，再蒐集多一些實驗數據來驗證此變因。



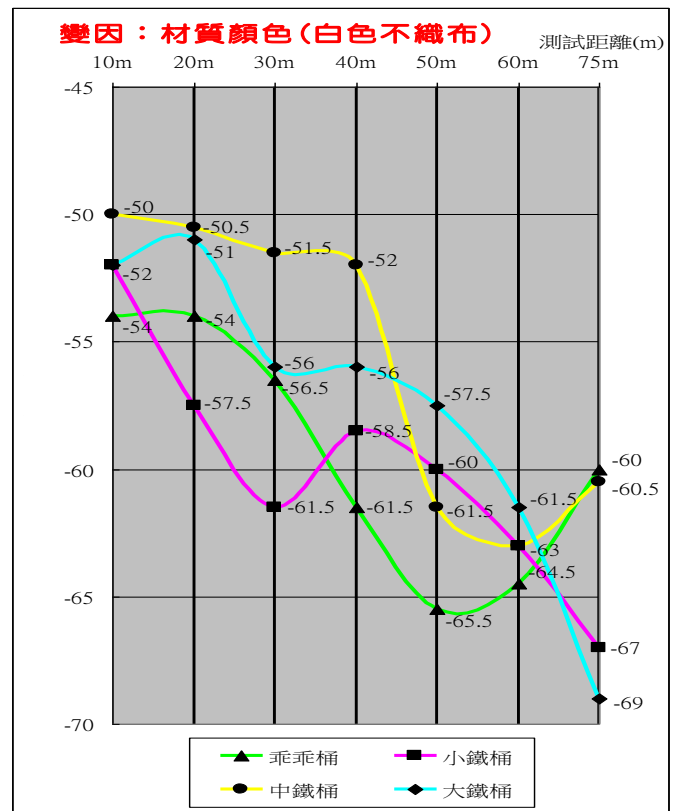
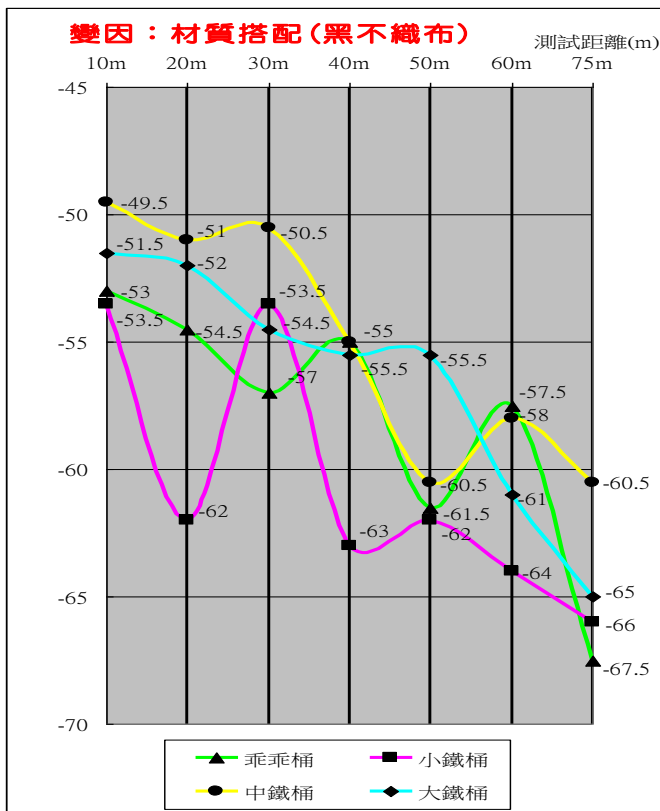
六、實驗六：探討背屏面積大小對訊號傳輸距離和訊號強度的影響。

數據分析發現，相同材質背屏，增加面積無明顯增加訊號強度；不同材質背屏，增大面積也無明顯增加訊號強度，顯示出面積大小與訊號強度間沒有明顯關聯。另外，分析厚度不同的保麗龍板，在不同面積的實驗數據中，厚度較厚的保麗龍板增強效果沒有厚度較薄的保麗龍板好，佐證出實驗五「增加背屏材質厚度，無增加背屏訊號集中效果」的正確性。



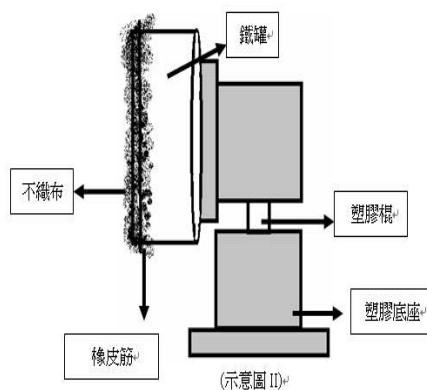
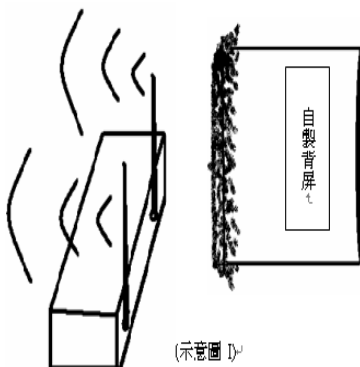
七、實驗七：設計更好的背屏增加無線基地台的訊號傳輸距離和訊號強度。

數據分析發現，桶狀背屏增強訊號效果明顯提升，若再與前六項實驗數據做交叉，更明顯看出桶狀搭配不織布的背屏增強效果優於單純的桶狀背屏或單純的不織布背屏，尤其在 10m~30m 間提升強度最顯著。總體數據而言，鐵桶搭配不織布封口的背屏約提升 12%~14% 的訊號強度，而黑色不織布封口比白色不織布封口效果好也佐證實驗四「黑色背屏強化訊號效果較白色背屏更好」。



綜合實驗結論，我們根據增強訊號的變因，推論出自製背屏概念模型，如示意圖 II。

1. 鐵桶狀的本體，可採用生活中方便取得的飲料鐵罐製作。
2. 切開罐口後用橡皮筋與黑色不織布封口後，置於基地台天線後方。如(示意圖 I)。



(八) 實驗八：探討背屏在同樓層但不同隔間中，WiFi 受背屏影響的情況。

經數據分析，兩間教室因水泥牆隔間影響，基地台在有、無背屏時訊號都衰減，但有背屏時皆能使兩間教室訊號提升 1.73 到 11.57dBm，若以功率換算，背屏約可提升 0.49 倍~13.35 倍的效果。特別的是在自然科教室門口，也屬於背屏面對方向最右側區域訊號減低 3.37dBm，換算功率約減少 1.17 倍功率。

無背屏(3)						有背屏(3)						三樓 中高年級英文教室												無背屏(4)						有背屏(4)					
-73	-74	-77	-68	-72	-75	* 位置(3)				位置(4) *				門 口 																					

(單位：dBm)

三樓 高年級自然教室												無背屏(4)						有背屏(4)																	
無背屏(3)						有背屏(3)						無背屏(3)						有背屏(3)																	
-54	-54	-56	-53	-54	-54	* 位置(3)						位置(4) *						無背屏(4)						有背屏(4)											
-61	-56	-56	-54	-56	-52	無背屏最大值：						-54	無背屏最大值：						-49	無背屏(4)						有背屏(4)									
-61	-54	-56	-57	-56	-51	無背屏最小值：						-61	無背屏最小值：						-58	無背屏(4)						有背屏(4)									
-55	-54	-55	-57	-56	-51	無背屏高低差：						7	無背屏高低差：						9	無背屏(4)						有背屏(4)									
-54	-54	-61	-57	-54	-51	無背屏平均值：						-56.47	無背屏平均值：						-55.73	無背屏(4)						有背屏(4)									
-54	-55	-61	-55	-54	-51	有背屏最大值：						-51	有背屏最大值：						-50	無背屏(4)						有背屏(4)									
-56	-57	-56	-57	-54	-52	有背屏最小值：						-57	有背屏最小值：						-57	無背屏(4)						有背屏(4)									
-56	-57	-60	-57	-53	-52	有背屏高低差：						6	有背屏高低差：						7	無背屏(4)						有背屏(4)									
-56	-55	-58	-54	-53	-52	有背屏平均值：						-53.90	有背屏平均值：						-53.83	無背屏(4)						有背屏(4)									
-56	-58	-58	-54	-54	-52	位置(3)提升值：						2.57	位置(4)提升值：						1.90	無背屏(4)						有背屏(4)									
均	-56.47	均	-53.90																																
無背屏(1)						有背屏(1)																													
-32	-36	-35	-25	-18	-28	無背屏最大值：						-32	無背屏最大值：						-51	無背屏(4)						有背屏(4)									
-40	-34	-36	-24	-19	-28	無背屏最小值：						-40	無背屏最小值：						-59	無背屏(4)						有背屏(4)									
-38	-34	-35	-24	-19	-29	無背屏高低差：						8	無背屏高低差：						8	無背屏(4)						有背屏(4)									
-38	-37	-35	-23	-23	-27	無背屏平均值：						-35.63	無背屏平均值：						-54.73	無背屏(4)						有背屏(4)									
-39	-34	-34	-26	-23	-28	有背屏最大值：						-18	有背屏最大值：						-58	無背屏(4)						有背屏(4)									
-37	-38	-34	-25	-24	-27	有背屏最小值：						-29	有背屏最小值：						-62	無背屏(4)						有背屏(4)									
-38	-38	-34	-24	-24	-27	有背屏高低差：						11	有背屏高低差：						4	無背屏(4)						有背屏(4)									
-38	-34	-34	-18	-27	-24	有背屏平均值：						-24.07	有背屏平均值：						-58.10	無背屏(4)						有背屏(4)									
-34	-34	-33	-19	-26	-24	位置(1)提升值：						11.57	位置(2)提升值：						-3.37	無背屏(4)						有背屏(4)									
-36						-34						-36						-18						-27						-24					
均						-35.63						均						-24.07																	
(單位：dBm)																																			
無背屏(3)						有背屏(3)						無背屏(3)						有背屏(3)																	
-56	-58	-55	-51	-56	-52	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-58	-54	-55	-51	-56	-54	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-58	-54	-56	-51	-56	-54	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-58	-54	-57	-50	-56	-54	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-56	-49	-57	-50	-54	-54	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-56	-53	-55	-51	-54	-56	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-56	-58	-55	-51	-54	-56	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-53	-58	-57	-57	-54	-57	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-57	-55	-55	-56	-53	-54	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-57	-57	-55	-56	-53	-54	無背屏(4)						有背屏(4)																							
均	-55.73	均	-53.83	無背屏(4)						有背屏(4)																									
無背屏(2)						有背屏(2)						無背屏(2)						有背屏(2)																	
-59	-51	-56	-58	-58	-56	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-57	-57	-51	-58	-58	-57	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-54	-52	-54	-60	-60	-59	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-53	-51	-54	-60	-61	-60	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-52	-55	-53	-55	-62	-56	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-57	-57	-58	-56	-61	-56	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-55	-57	-55	-59	-61	-57	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-56	-52	-55	-59	-60	-54	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-51	-57	-56	-56	-60	-57	無背屏(4)						有背屏(4)																							
-56	-56	-55	-56	-56	-57	無背屏(4)						有背屏(4)																							
均						-54.73						均						-58.10																	

(九) 實驗九：探討背屏在不同樓層但相同隔間的相關位置中，WiFi 受背屏影響的情況。

經數據分析，兩間教室因樓層地板隔間影響，基地台在有、無背屏時訊號都衰減，但有背屏時皆能使兩間教室訊號提升 1.13 到 6.00dBm，若以功率換算，背屏約可提升 0.3 倍~3.98 倍的效果。特別是在英文科教室，屬於背屏前方最左、右兩側區域訊號減低 0.57~0.80dBm，換算功率約減少 0.14~0.2 倍功率，而二樓社會科教室與基地台的同位區域，因位於背屏正下方，減少 0.20 dBm，換算功率約減少 0.05 倍功率。

三樓 中高年級英文教室											
無背屏(3)			有背屏(3)			無背屏(4)			有背屏(4)		
-43	-41	-45	-39	-37	-37	-57	-57	-62	-62	-58	-60
-45	-40	-44	-38	-39	-39	-61	-58	-57	-59	-58	-58
-44	-44	-41	-39	-37	-37	-57	-61	-59	-60	-59	-59
-43	-40	-42	-38	-37	-38	-58	-61	-59	-59	-58	-60
-44	-45	-41	-38	-38	-36	-57	-59	-59	-60	-58	-61
-45	-44	-42	-37	-37	-36	-55	-57	-58	-59	-57	-59
-43	-43	-40	-38	-37	-36	-57	-58	-60	-58	-57	-60
-41	-40	-42	-38	-38	-36	-57	-57	-61	-60	-61	-62
-43	-45	-41	-38	-38	-37	-61	-57	-60	-59	-58	-61
-44	-43	-40	-38	-38	-37	-58	-61	-58	-58	-61	-62
均	-42.60	均	-37.53			均	-58.57	均	-59.37		
無背屏(1)			有背屏(1)			無背屏(2)			有背屏(2)		
-61	-64	-62	-63	-60	-63	-63	-60	-67	-59	-59	-59
-59	-62	-64	-64	-61	-62	-65	-62	-68	-58	-59	-59
-59	-62	-62	-62	-59	-65	-64	-61	-63	-59	-60	-58
-60	-63	-62	-66	-59	-61	-63	-60	-66	-59	-59	-59
-61	-62	-63	-65	-60	-63	-62	-64	-62	-58	-58	-58
-62	-63	-63	-65	-58	-60	-65	-65	-61	-60	-58	-59
-61	-60	-61	-67	-59	-61	-63	-63	-66	-59	-59	-59
-60	-59	-62	-64	-64	-61	-62	-65	-62	-59	-59	-59
-61	-65	-60	-63	-62	-61	-64	-63	-61	-59	-59	-58
-61	-61	-61	-62	-62	-61	-62	-65	-64	-59	-59	-59
均	-61.53	均	-62.10			均	-63.37	均	-58.83		

* 位置(3)						位置(4) *						門口
無背屏最大值：		-40		無背屏最大值：		-55						
無背屏最小值：		-45		無背屏最小值：		-62						
無背屏高低差：		5		無背屏高低差：		7						
無背屏平均值：		-42.60		無背屏平均值：		-58.57						
有背屏最大值：		-36		有背屏最大值：		-57						
有背屏最小值：		-39		有背屏最小值：		-62						
有背屏高低差：		3		有背屏高低差：		5						
有背屏平均值：		-37.53		有背屏平均值：		-59.37						
位置(3)提升值：		5.07		位置(4)提升值：		-0.80						
無背屏最大值：						-60		無背屏最大值：		-60		門口
無背屏最小值：						-65		無背屏最小值：		-68		
無背屏高低差：						5		無背屏高低差：		8		
無背屏平均值：						-61.53		無背屏平均值：		-63.37		
有背屏最大值：						-58		有背屏最大值：		-58		
有背屏最小值：						-67		有背屏最小值：		-60		
有背屏高低差：						9		有背屏高低差：		2		
有背屏平均值：						-62.10		有背屏平均值：		-58.83		
位置(1)提升值：						-0.57		位置(2)提升值：		4.53		
* 位置(1)						位置(2) *						

(單位：dBm)

二樓 中年級社會教室											
無背屏(3)						有背屏(3)					
-72	-73	-72	-74	-72	-72	門 口 走 廊 門 口					
-73	-73	-72	-73	-70	-69						
-72	-72	-76	-73	-74	-73						
-73	-73	-71	-74	-73	-71						
-73	-73	-73	-74	-72	-72						
-73	-73	-71	-74	-75	-75						
-74	-72	-72	-75	-71	-72						
-73	-73	-71	-75	-73	-73						
-74	-72	-73	-75	-72	-74						
-74	-73	-72	-73	-71	-73						
均	-72.70	均	-72.90								
無背屏(1)											
-79	-74	-76	-73	-75	-75	門 口					
-80	-75	-75	-75	-72	-75						
-78	-76	-76	-73	-75	-76						
-74	-75	-76	-75	-75	-74						
-75	-74	-75	-75	-74	-74						
-73	-75	-74	-74	-74	-75						
-74	-76	-77	-73	-75	-75						
-73	-75	-76	-75	-75	-72						
-75	-76	-73	-71	-74	-78						
-75	-75	-76	-73	-75	-72						
均	-75.37	均	-74.23								
二樓 中年級社會教室											
* 位置(3)				位置(4)*				走 廊			
無背屏最大值：		-71		無背屏最大值：		-73					
無背屏最小值：		-76		無背屏最小值：		-81					
無背屏高低差：		5		無背屏高低差：		8					
無背屏平均值：		-72.70		無背屏平均值：		-76.67					
有背屏最大值：		-69		有背屏最大值：		-70					
有背屏最小值：		-75		有背屏最小值：		-74					
有背屏高低差：		6		有背屏高低差：		4					
有背屏平均值：		-72.90		有背屏平均值：		-72.53					
位置(3)提升值：		-0.20		位置(4)提升值：		4.13					
無背屏最大值：		-73		無背屏最大值：		-80					
無背屏最小值：		-80		無背屏最小值：		-85					
無背屏高低差：		7		無背屏高低差：		5					
無背屏平均值：		-75.37		無背屏平均值：		-82.60					
有背屏最大值：		-71		有背屏最大值：		-71					
有背屏最小值：		-78		有背屏最小值：		-82					
有背屏高低差：		7		有背屏高低差：		11					
有背屏平均值：		-74.23		有背屏平均值：		-76.60					
位置(1)提升值：		1.13		位置(2)提升值：		6.00					
* 位置(1)				位置(2)*							
(單位：dBm)											
無背屏(4)				有背屏(4)							
-79	-79	-76	-72	-73	-74	均 -76.67 均 -72.53					
-78	-78	-77	-72	-72	-73						
-78	-78	-73	-73	-72	-73						
-81	-79	-73	-74	-72	-73						
-80	-75	-73	-72	-72	-73						
-77	-77	-74	-72	-73	-72						
-79	-73	-75	-74	-72	-73						
-79	-76	-73	-72	-72	-73						
-78	-76	-75	-70	-73	-73						
-79	-76	-76	-72	-72	-73						
均	-76.67	均	-72.53								
無背屏(2)				有背屏(2)							
-84	-83	-81	-76	-79	-76	均 -82.60 均 -76.60					
-85	-84	-83	-74	-78	-78						
-81	-84	-82	-82	-78	-77						
-82	-84	-84	-76	-75	-78						
-84	-83	-81	-75	-78	-77						
-85	-81	-83	-77	-71	-77						
-82	-80	-82	-78	-72	-77						
-83	-82	-82	-78	-77	-76						
-82	-81	-81	-79	-72	-76						
-83	-83	-83	-77	-77	-77						
均	-82.60	均	-76.60								
* 位置(1)				位置(2)*							

(單位：dBm)

陸、討論

一、WiFi 分析儀所使用的數據單位「dBm」代表什麼？

經網路查詢，單位「dBm」是屬於一種絕對測量單位而非相對值。經公式計算後，可利用每增減 10dBm 就增減 10 倍的功率，或每增減 3dBm 約增減 1 倍的功率去推論收訊端訊號數據所代表的增強減弱程度。（引自聯強 e 城市・認識天線 — 天線的測量單位，參考資料及附錄三）若想精確知道 dBm 值換算功率的倍數，也可利用網路 CONVERTWORLD.COM 進行換算。（參見網路資料）

二、實驗數據雖顯現出與變因間的相關性，但各數據中為何常出現兩次高峰數值？

大部份的無線通訊系統其發射端與接收端之間的傳播路徑經常是沒有 Line-of-Sight (LOS) 的；也就是說，離開發射端的信號是經由許多反射、繞射，及散射的路徑而抵達接收端，形成所謂的「多重路徑」。由於不同的環境有不同的反射、繞射，及散射，使得「多重路徑衰減」非常複雜，因此，各變因數據常出現兩次高峰的情況，應多屬「多重路徑衰減」（引自高其瀚・【淺談無線通訊的「多重路徑衰減」】，參考資料及附錄一），可歸因為 WiFi 訊號受學校建築物的反射、繞射，及散射影響，在一定距離時可能產生「都卜勒偏移效應」，造成訊號突然增強的現象，而離開「都卜勒偏移效應」增強點周圍時，訊號強度又隨距離而呈比例量的減少。

三、每次在同一距離所量測的數據為何會有波動現象？

每次實驗到各距離點測試訊號強度時，在等待手機接收誤差的 5 秒鐘，我們觀察到數據跳動的很厲害，如果是該測試點所受周圍訊號干擾因素，則訊號應該是突弱或突強，不應該是忽強忽弱的波動數據出現，為此，我們在網路上查到相關文獻研究，發現這種現象常出現在無線通訊系統上，而此波動的衰減現象也是無線通訊科技的一大缺點，至今也只能靠多架設基地台來改善。

根據研究表示，在無線通訊的傳播通道中，抵達接收端的信號強度因「多重路徑」而造成的衰減可分為兩大類：「大尺度衰減 (Large scale fading)」與「小尺度衰減 (Small scale fading)」。當發射端與接收端之間的距離在數百或數千公尺以上時，信號的強度會隨著距離的增加而降低，這種信號的衰減即稱為「大尺度衰減」；另外，當發射端與接收端之間的距離甚短時（如 1/2 波長），或在一小段時間內（如幾秒鐘或不到一秒鐘），因信號強度與相位的劇烈變動而導致信號的衰減，即稱為「小尺度衰減」（引自高其瀚・【淺談無線通訊的「多重路徑衰減」】，參考資料及附錄一）。

因此，本次研究在同一距離量測數據的波動現象，應屬於「小尺度衰減」，可歸因為 WiFi 訊號受實驗場地周圍環境影響，產生相同頻率相互干擾的「頻率選擇性衰減」或「頻率非選擇性衰減」的情況。（引自高其瀚・【淺談無線通訊的「多重路徑衰減」】，C.2.1.1「頻率選擇性衰減」，C.2.1.2「頻率非選擇性衰減」）

四、在實驗環境周圍，有相同頻率的訊號，是否會影響實驗時收訊端所蒐集的數據值？

經查證，空間中不同基地台的確可能發出相同頻率的 WiFi 訊號，此情況下，兩基地台會互相等待對方訊號傳輸完畢才進行傳輸。由於等待時間會影響使用效能，所以近來新型基地台皆有內設跳頻方式來解決此問題，也就是基地台會自行不同通道來避免同頻率干擾問題。加上 WiFi 分析儀會依通道名稱選擇收訊頻率，因此，實驗時週圍即使有同頻率訊號存在，也不影響本研究收訊端所蒐集的數據值。

五、為什麼黑色不織布增強效果較白色不織布好？乾不織布又比濕不織布好？

查詢資料和詢問物理學專家後，我們大致了解背屏的反射主要因電磁波的電場使得價電子發生與電磁波頻率相同的來回振盪，藉由振盪輻射出相同頻率的電磁波，而黑色不織布和乾不織布恰好容易激發相同頻率震盪，而增強訊號效果。

六、背屏的擺放是否會影響訊號發射區域範圍？

分析實驗八和實驗九的實驗數據，可明顯看出背屏會窄化訊號發射區域，而使得原四面八方如同甜甜圈狀的發射區域，窄化成類似圓錐狀。

七、一空間中，如何擺放背屏才能使背屏提升訊號效果達到最佳狀態？

因背屏利用窄化後方訊號強度方式來強化前方訊號強度，如果採用背屏方式來提升空間訊號使用率，就必須面對空間 WiFi 使用率高的方向擺放，並將基地台和背屏放在高使用率空間直線對角角落，使訊號集中於使用率高的空間，提升 WiFi 使用效能。

柒、結論

- 一、如果想強化 WiFi 基地台的訊號強度，可在基地台的天線後方擺放以黑色不織布封口的鐵罐作為訊號集中背屏，這個背屏能集中 WiFi 訊號的效果，而達到增強前方空間 WiFi 訊號 dBm 值，提高基地台使用功效。而背屏鐵罐體積不需過大，封口用的不織布不需過厚，但需以乾式、黑色不織布效果最佳。
- 二、背屏主要利用反射原理來反射訊號到背屏前方，增強背屏前方訊號強度，但也相對減少背屏後方的訊號強度，所以要盡量將基地台和背屏擺放在使用量小空間角落，集中訊號反射到高使用率空間的一端。
- 三、雖然市面上已有販售訊號強波器，但強波器需依靠不斷電來運作，非常不環保。使用生活中唾手可得的材料來製作集中背屏，背屏不耗任何電力，就能提升 WiFi 使用效能，相當節能環保，在重視節能環保概念的時代，背屏應用非常值得推廣。
- 四、在應用實驗結論到改善校園 WiFi 環境方面，實驗小組建議校方架設兩台雙天線功率 5dBi 的基地台在啟學樓二樓和三樓最邊緣教室角落，並擺放背屏朝向大樓中心點方向，如此方式約可省下 50% 的 WiFi 基地台採購經費預算，就大幅提升校園啟學樓 WiFi 使用效能。

捌、參考資料及附錄

一、書籍資料

李幸娟（譯）（2007）•【圖解網際網路】•台北縣：世茂。

二、網路資料

【淺談無線網路】(2004 年 5 月 14 日)

電信管理局 • 取自 <http://www.gdti.gov.mo/chi/IT/Wireless/1-WiFi.html>

【淺談無線通訊的「多重路徑衰減」】

高其瀚 • 取自 <http://www2.cna.edu.tw/961213/month/cnadata/mm/23-1/23-1-6.htm>

【淺談無線網路-WiFi】

國立台中二中 • 取自 <http://www.shs.edu.tw/works/essay/2009/04/2009040100160236.pdf>

【維基百科。搜尋關鍵字：WiFi】

取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/WiFi>

【網路發展史】

取自 <http://freefall.csie.isu.edu.tw/~y9503114A/termpaper.htm>

【WiFi 超毒？淺談電磁波】(2013 年 9 月 23 日)

取自 <http://tu0925399900.pixnet.net/blog/post/162391148>

【無線分享器解惑：天線角度怎麼擺最好？實測給你看】

電腦王 • 取自 <http://www.techbang.com/posts/9701-how-angle-of-the-antenna-set>

【次世代 WiFi 標準 IEEE802.11ac 的 5 大技術特性】

iThome • 取自 <http://www.ithome.com.tw/node/75919>

【無線概說】

全月科技有限公司 • 取自：<http://www.allmoon.com.tw/news.html>

【dBm 和 mW 轉換】

CONVERTWORLD.COM • 取自：<http://www.convertworld.com/zh-Hant/power/dBm.html>

三、學位論文

【Performance of the IEEE 802.11a Wireless LAN Standard over Frequency-selective, Slow, Ricean Fading Channels】

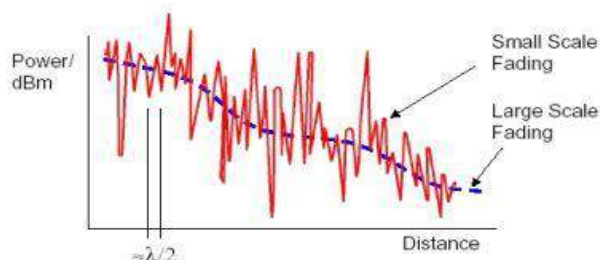
Kao, Chihan, Master Thesis, Naval Postgraduate School, CA, 2002.

四、文獻附錄

(一)附錄一(截自：高其瀚 •【淺談無線通訊的「多重路徑衰減」】• C.多重路徑衰減)

在無線通訊的傳播通道中，抵達接收端的信號強度因「多重路徑」而造成的衰減可分為兩大類：「大尺度衰減 (Large scale fading)」與「小尺度衰減 (Small scale fading)」

【1】。當發射端與接收端之間的距離在數百或數千公尺以上時，信號的強度會隨著距離的增加而降低，這種信號的衰減即稱為「大尺度衰減」；另外，當發射端與接收端之間的距離甚短時（如 $1/2$ 波長），或在一小段時間內（如幾秒鐘或不到一秒鐘），因信號強度與相位的劇烈變動而導致信號的衰減，即稱為「小尺度衰減」。這兩種衰減之間的差異，在「圖二」中可以觀察得更清楚。其中，藍色的線條為「大尺度衰減」，其強度係隨著距離的增加而降低；而紅色上下劇烈震動的線條為「小尺度衰減」。



（圖二）

(二)附錄二(截自：高其瀚・【淺談無線通訊的「多重路徑衰減」】・C.多重路徑衰減)

平均的接收信號功率係隨著收發天線間距離的增加而呈「對數式」的降低。所以，對任何的收發天線距離而言，平均的大尺度路徑損失可以表示為。

$$B_c \approx 1/\sigma_c$$

其中 d 為發射與接收端的距離， $W \approx 1/T_c$ 為「路徑損失指數」，其大小視特定的傳

播環境而定。例如在自由空間中， $n=2$ ；在一般市區， $B_c < W$ 則介於 2.7 至 3.5 之

間。在各種不同環境下，典型的 $\frac{1}{\sigma_c} \langle \frac{1}{T_c} \Rightarrow \sigma_c \rangle T_c$ 值如「表一」所示。

環 境	路徑損失指數, n
自由空間	2
一般市區	2.7~3.5
嚴重陰影效應的市區	3~5
建築物中有直視波	1.6~1.8
建築物中有障礙物	4~6
工廠中有障礙物	2~3

「表一」

(三)附錄三(截自：台中二中・【淺談無線網路-WiFi】・八、對人類的影響)

2009-03-17 中國時報【邱順斌／高縣報導】由於無線上網技術的應用，不管我們是否願意，可能無時無刻被無線上網頻率所包圍；只要我們所在的地方有 WiFi 設備，我們的身體就受到有關電磁波傷害。開放使用 WiFi 頻率，實際是一種對人類精神體有害的負能量場。長時間接受負能量包圍，我們的身體狀況會亮起紅燈。事實上，在沒有 WiFi 之前，手機、電視、廣播和衛星天線等電器設備，都已經製造了不少電磁波污染。現在再加上 WiFi 的信號，負能量的破壞性又更高。大量醫學研究顯示，電磁場和很多疾病的發生有密切連繫：來自環境的負能量削弱內分泌和免疫系統功能，導致過敏、癌症、慢性疲勞綜合征、頭痛、纖維肌痛症、失眠、意力缺乏過動異常症(ADHD)、孤獨症、帕金森症、老人癡呆、環境引致的疾病、和加速衰老等（引自貝克著作，1990 年）。如今，遍佈在大街小巷、商店和鄰居屋內的 WiFi 網路，讓人類脆弱的靈力場所受的壓力愈來愈大。毫無疑問，與人類疾病相關的電磁污染在未來會越來越多，電磁污染無知無覺，傷人於無形之中。對一些感覺敏銳的人也許感覺到 WiFi 的存在，覺得設置了 WiFi 的地方的氣場比較負面、濃度高及使人疲累。

(四)附錄四(截自：【無線概說】・全月科技・取自：<http://www.allmoon.com.tw/news.html>)

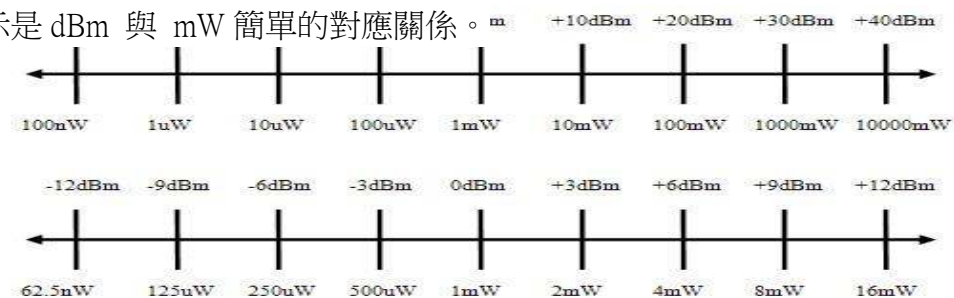
基本上為區域網路(LAN)的一種，因其傳輸媒介是無形的(相較於乙太網路而言)，建置沒有佈線的困擾，可以稱之為 Wireless Lan(簡稱為 WLAN)，俗稱為無線乙太網路(Wireless Ethernet Network)。

其使用的無線媒介有多種，大致上可分為光波(有紅外線-Infrared 和雷射光-Laser)和無線電波(有窄頻微波、DSSS-直接序列展頻、FHSS-跳頻展頻、HomeRF、HyperLan 和 Bluetooth-藍芽技術)。光波媒介的缺點是其無法穿透障礙物，若遇障礙時通訊便中斷，而無線電波則無此困擾。

(五)附錄五

(截自：【認識天線-天線的測量單位】・聯強 e 程式・取自：<http://www.synnex.com.tw>)

dBm 是以 1mW 為測量參考值，因為 $10 \times \log(1\text{mW}/1\text{mW}) = 0 \text{ dBm}$ ，因此 1mW = 0 dBm，與 mW 一樣屬於種絕對測量單位而非相對值。由此估算 10dBm 的功率等於 10mW，3dBm 的功率約等於 2mW；每增減 10dBm 就增減 10 倍的功率，每增減 3dBm 約增減一倍的功率，因此 23dBm 可以拆成+10+10+3，亦即 $1\text{mW} \times 10 \times 10 \times 2 = 200\text{mW}$ 。下圖顯示是 dBm 與 mW 簡單的對應關係。



【評語】 080829

1. 從日常生活發想，解決相關問題研究精神值得鼓勵。
2. 單一 WiFi 基地台的部份，利用反射增加其指向特性是本作品設計的重點，但若加上配置位置的因素，可能要作綜合考量。
3. 電磁波的反射可以利用導體材料達到，材料與結構會影響反射率與空間分佈，布料是否可以反射可利用非導體架設來驗證。