

# 行動學習無線網路 最佳佈建方案

報告人：許桓光

# 無線基地台傳輸原理

- Wi-Fi AP係使用CSMA(Carrier Sense Multiple Access)/ CA(Collision Avoidance)頻道偵測碰撞技術，來傳輸資料。
- 即當裝置要以無線方式傳送資料前，會先偵測該頻道上是否有其他裝置傳出的訊號，如果頻道上沒有裝置使用時，便發出要求傳送訊息，等待並接收無線AP發出允許傳送訊息後，開始傳送資料，資料傳完，發出結束訊號，完成該次傳輸。

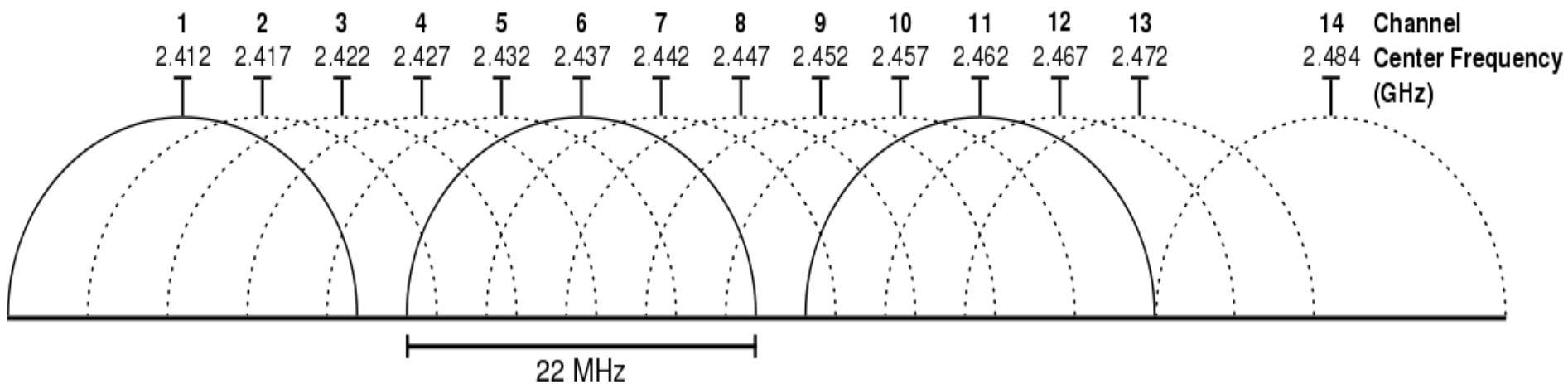
# 多台無線基地台的傳輸速率計算

- 根據前述傳輸技術，在同一個地點如果有2個Wi-Fi AP，且使用相同頻道(CH)時，各Wi-Fi AP加總之最大吞吐量與單一Wi-Fi AP使用之最大吞吐量相同，不致完全無法使用。
- 如2個Wi-Fi AP置於相近位置，使用相鄰頻道(CH)時，因旁波帶干擾，Wi-Fi AP之吞吐量約為無鄰頻使用時之吞吐量73%左右。

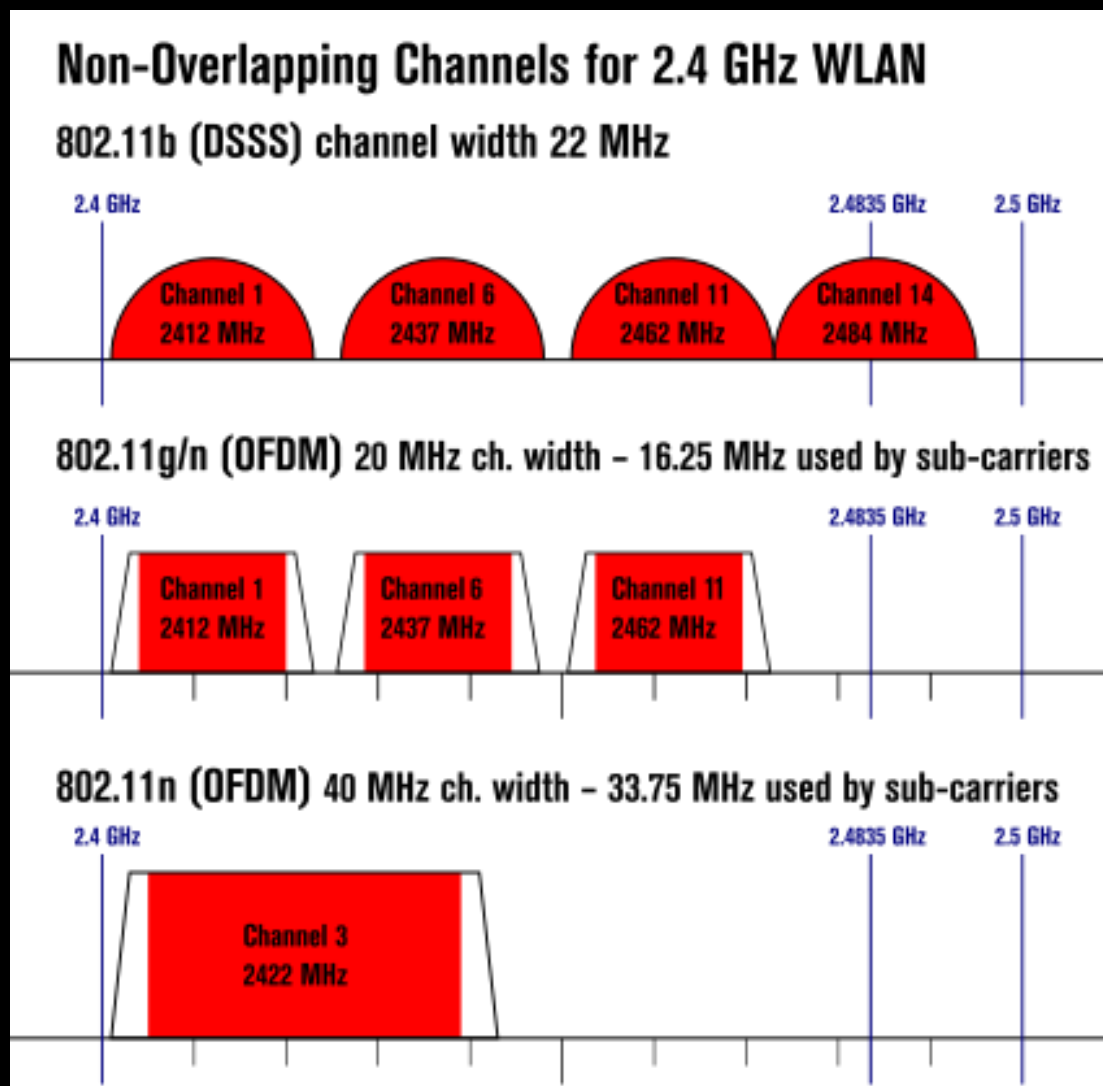
# 802.11無線網路標準

802.11 協定	發行	頻段 (GHz)	頻寬 (MHz)	每條流速率 (Mbits/s)	MIMO 支援	距離(M)	
						室內	室外
-	1997.06	2.4	20	2	N/A	20	100
a	1999.09	5	20	54	N/A	35	120
b	1999.09	2.4	20	11	N/A	35	140
g	2003.06	2.4	20	54	N/A	38	140
n	2009.10	2.4 5	20	72.2	4	70	250
			40	150			
ac	2014.01	5	20	87.6	8	35	120
			40	200			
			80	433.3			
			160	866.7			

# 無線網路頻道 - 2.4GHz



# 無線網路頻道 - 2.4GHz 乾淨頻道



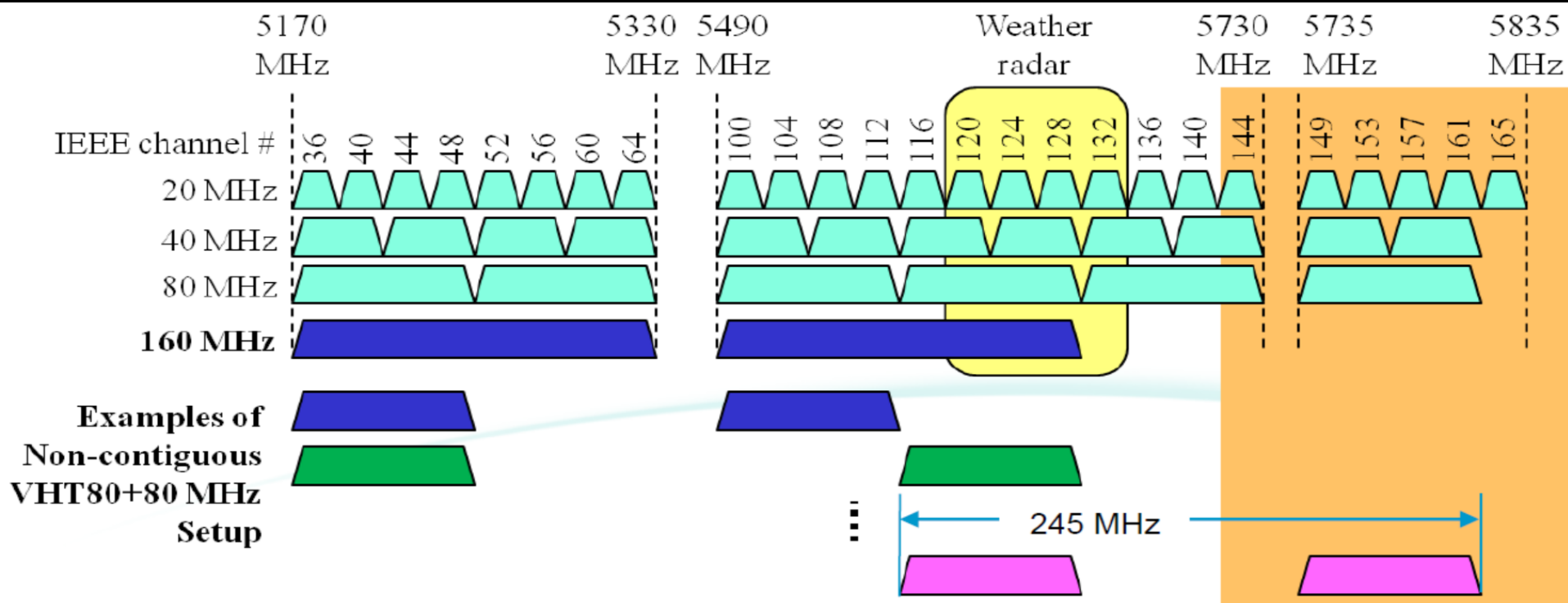
# 無線網路頻道 - 5GHz

• 國際上可以使用的5G的頻道有：

1. Band1: 5150MHz ~ 5250MHz , CH36、CH40、CH44、CH48。
2. Band2: 5250MHz ~ 5350MHz , CH52、CH56、CH60、CH64。
3. Band3: 5470MHz ~ 5725MHz , CH100、CH104、CH108、CH112、CH116、CH120、CH124、CH128、CH132、CH136、CH140。
4. Band4: 5725MHz ~ 5850MHz , CH149、CH153、CH157、CH161、CH165。

# 無線網路頻道 - 5GHz

- 共有24個20MHz頻寬的乾淨頻道。
- 共有12個40MHz頻寬的乾淨頻道。
- 共有 6個80MHz頻寬的乾淨頻道。





# 無線網路頻道 - 5GHz 台灣

- 根據NCC的資料，台灣開放下列4個5GHz頻段：
  1. 5.15-5.25 GHz
  2. 5.25-5.35 GHz
  3. 5.47-5.725 GHz
  4. 5.725-5,85 GHz
- 也就是說台灣全部開放。

# 無線網路速率-802.11a.g

- 使用無線電波頻寬：20MHz。
- 連線速率：6Mbps、9Mbps、11Mbps、12Mbps、18Mbps、24Mbps、36Mbps、48Mbps、54Mbps。

# 無線網路速率-802.11n.ac

MCS 索引	調變種類	編碼率	20MHz		40MHz		80MHz <sup>1</sup>		160MHz <sup>2</sup>	
			800 ns	400 ns	800 ns	400 ns	800 ns	400 ns	800 ns	400 ns
0	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15	29.3	32.5	58.5	65
1	QPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
2	QPSK	3/4	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
3	16- QAM	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
4	16- QAM	3/4	39	43.3	81	90	175.5	192	351	390
5	64- QAM	2/3	52	57.8	108	120	234	260	468	520
6	64- QAM	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
7	64- QAM	5/6	65	72.2	135	150	292.5	325	585	650
8 <sup>3</sup>	256- QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780
9 <sup>4</sup>	256- QAM	5/6	不支援	不支援	180	200	390	433.3	780	866.7

1,2 僅支援802.11ac。

3,4 原始的802.11n並不支援，只有一些802.11ac的晶片支援。

# 無線網路接收靈敏度 - 2.4GHz

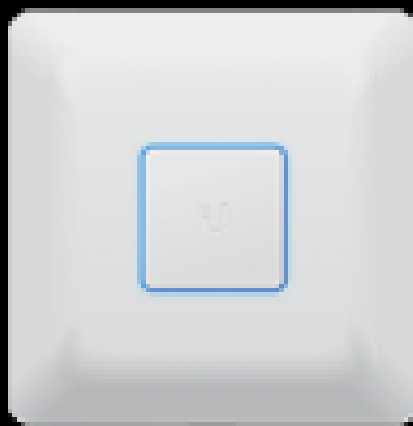
- 11b 1Mbps : -99dBm
- 11b 11Mbps : -91dBm
- 11g 6Mbps : -94dBm
- 11g 54Mbps : -77dBm
- 11n HT20 MCS0 : -95dBm
- 11n HT20 MCS7 : -76dBm
- 11n HT40 MCS0 : -92dBm
- 11n HT40 MCS7 : -73dBm

# 無線網路接收靈敏度 - 5GHz

MCS 索引	調變種類	編碼 率	20MHz	40MHz	80MHz	160MHz
			800ns GI	800ns GI	800ns GI	800ns GI
0	BPSK	1/2	-82	-79	-76	-73
1	QPSK	1/2	-79	-76	-73	-70
2	QPSK	3/4	-77	-74	-71	-68
3	16-QAM	1/2	-74	-71	-68	-65
4	16-QAM	3/4	-70	-67	-64	-61
5	64-QAM	2/3	-66	-63	-60	-57
6	64-QAM	3/4	-65	-62	-59	-56
7	64-QAM	5/6	-64	-61	-58	-55
8	256-QAM	3/4	-59	-56	-53	-50
9	256-QAM	5/6	-57	-54	-51	-48

# 測試用的設備 - AP、伺服器

- ASUS RT-AC56U
- UniFi UAP-PRO
- UniFi UAP-AC
- Lenovo ThinkPad R60

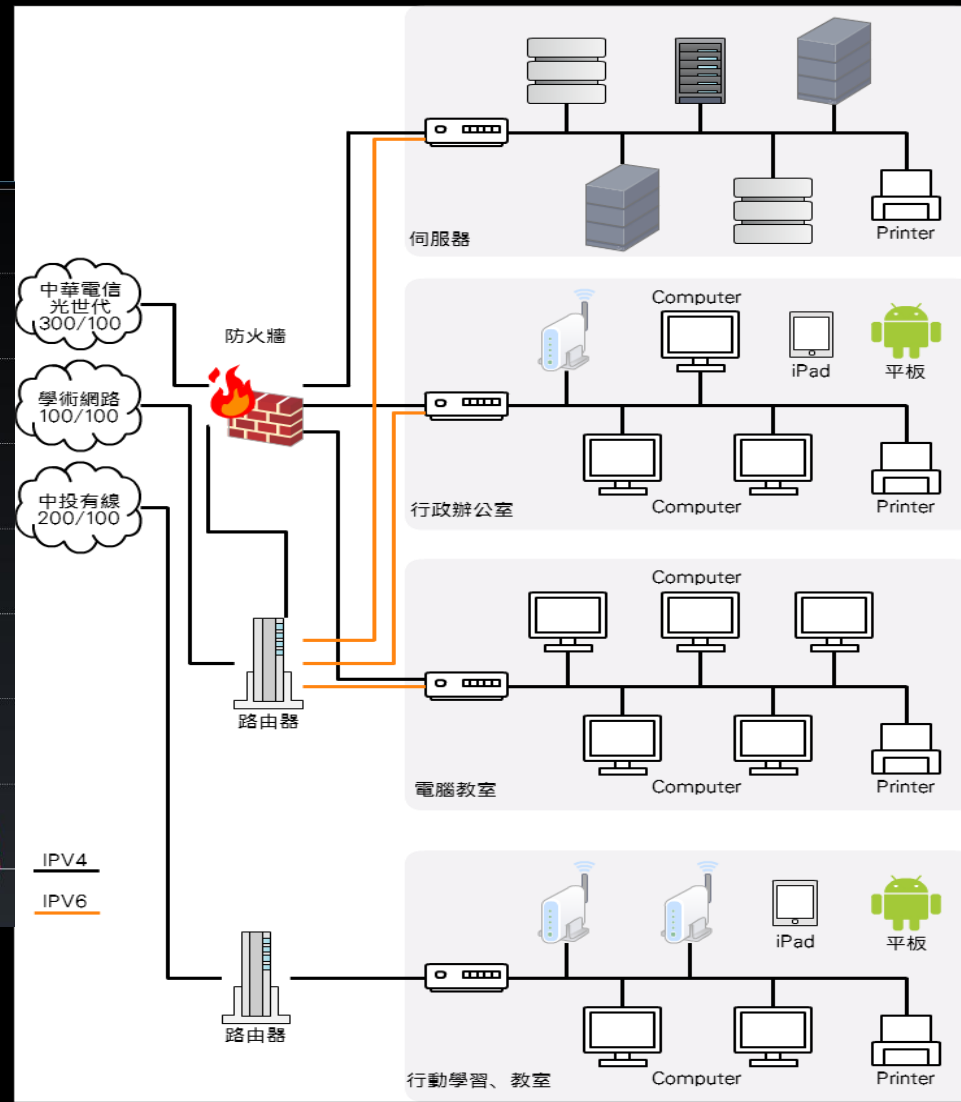


# 測試用的設備-行動載具

- Acer ES1-111-C0A7
- 小米平板
- iPad Air 2



# 現況分析-大型學校

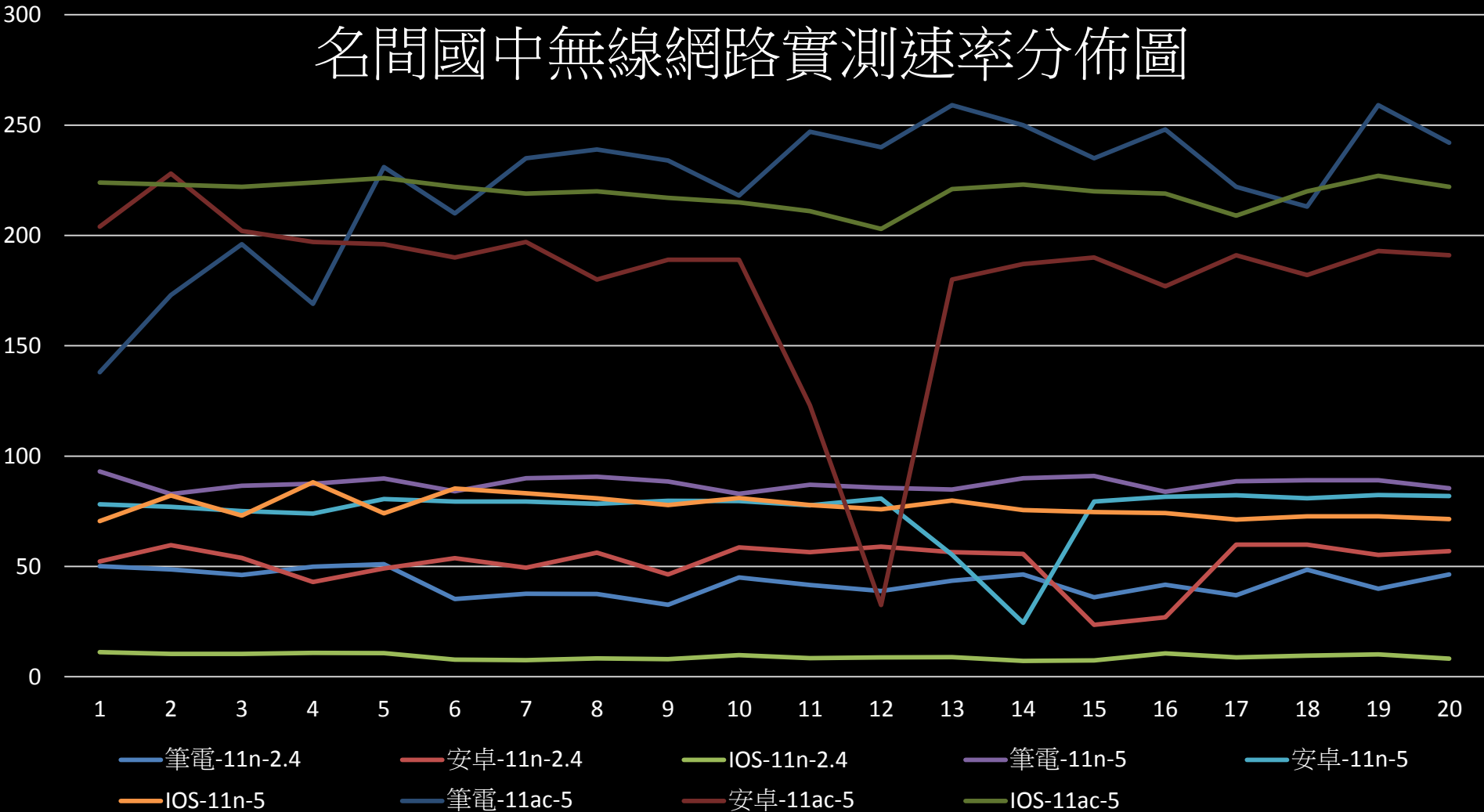




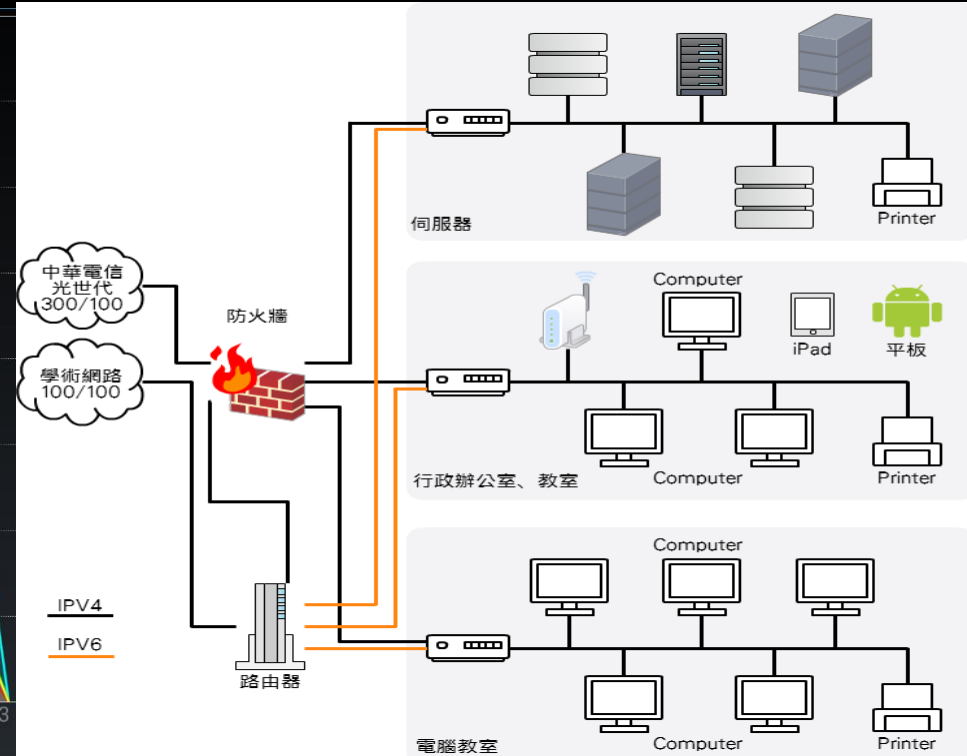
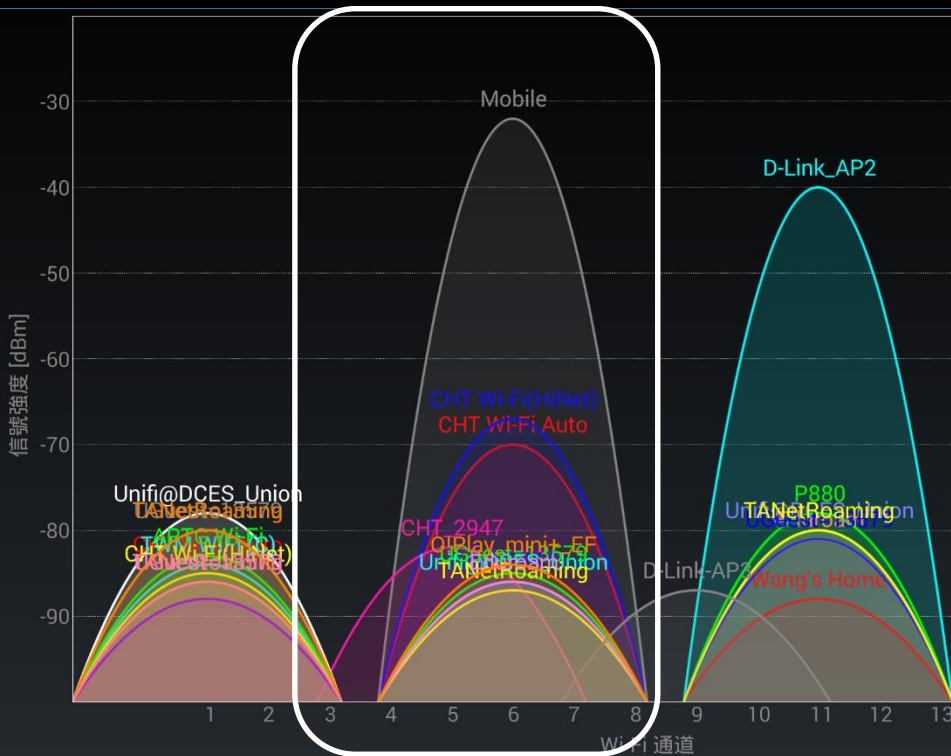
# 現況分析-大型學校-實測平均速率

地點	行動裝置	連線方式	頻段	連線速率	實測速率	備註
名間國中	筆電 視窗系統	有線		1Gbps	937Mbps	
		802.11n	2.4GHz	144Mbps	42.7Mbps	
		802.11n	5GHz	300Mbps	87.5Mbps	
		802.11ac	5GHz	866Mbps	223Mbps	
	平板 Android	802.11n	2.4GHz	130Mbps	51.6Mbps	
		802.11n	5GHz	216Mbps	75.4Mbps	
		802.11ac	5GHz	585Mbps	181Mbps	
	平板 iOS	802.11n	2.4GHz	N/A	9.39Mbps	
		802.11n	5GHz	N/A	77.1Mbps	
		802.11ac	5GHz	N/A	219Mbps	

# 現況分析-大型學校-實測速率分佈



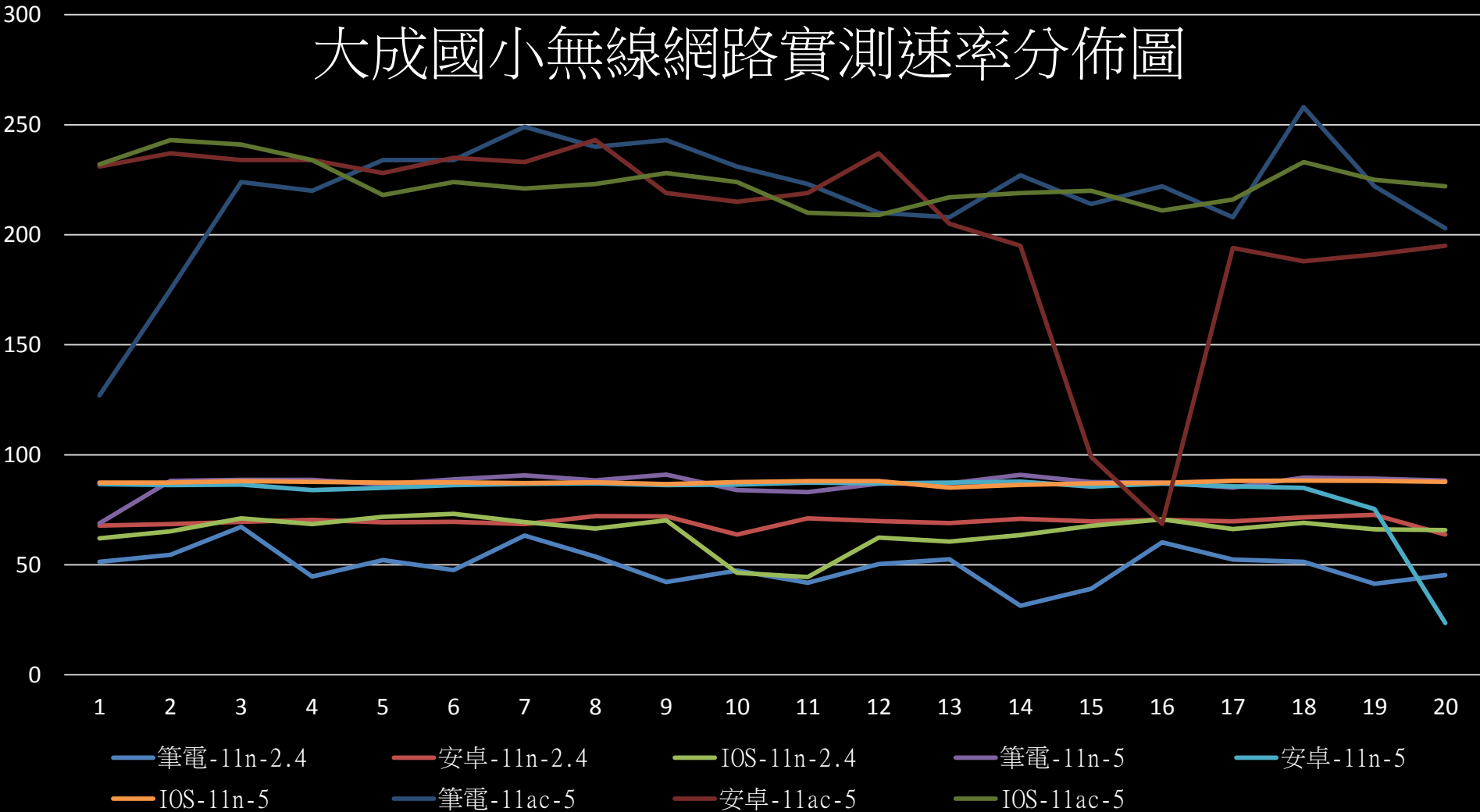
# 現況分析-中型學校



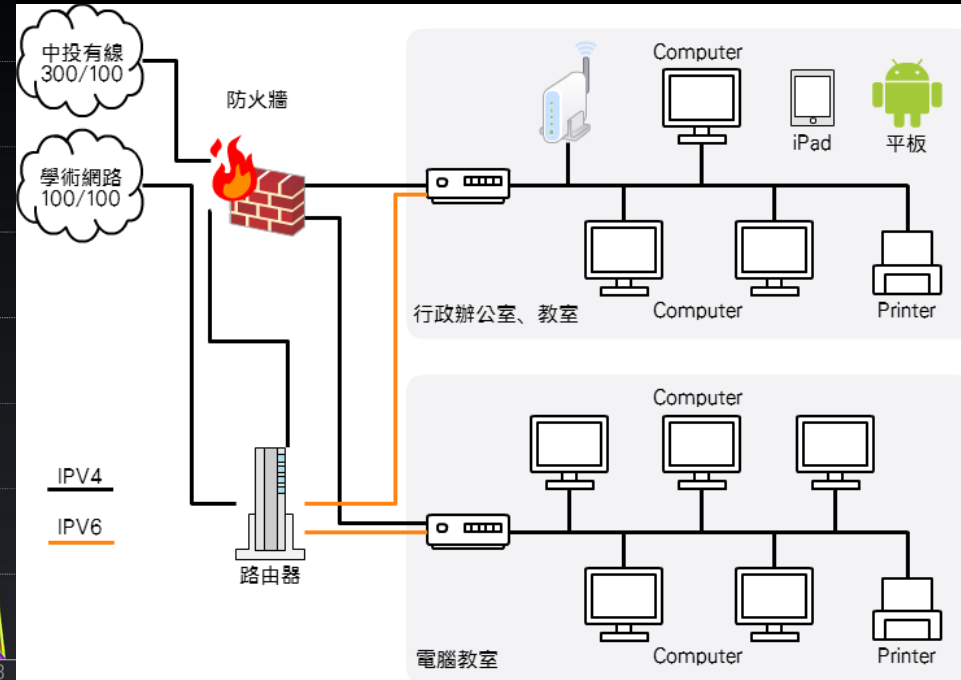
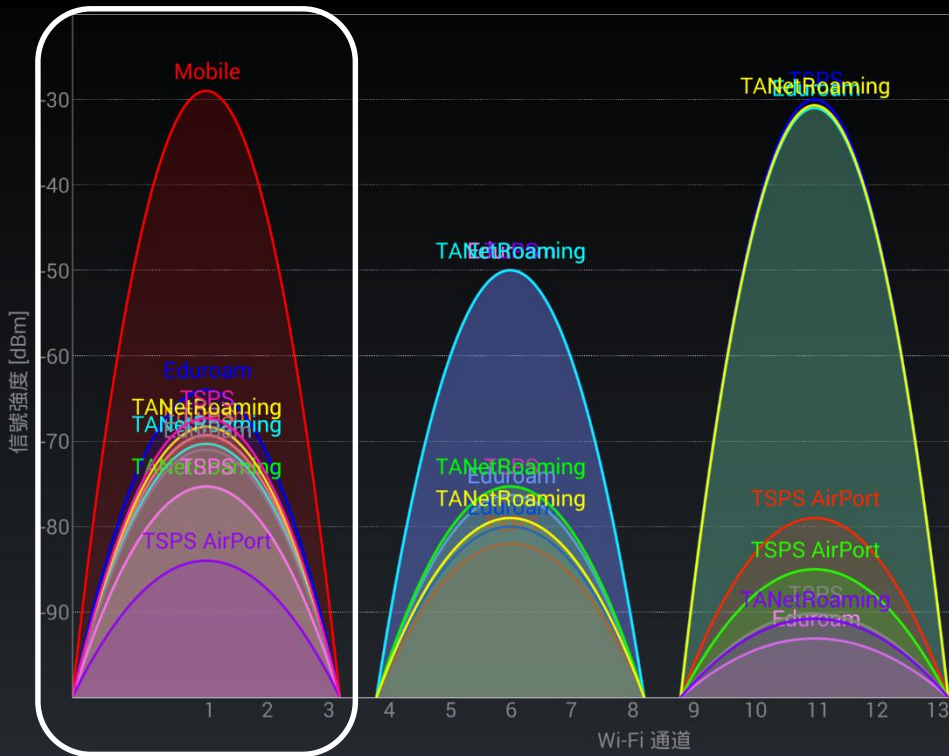
# 現況分析-中型學校-實測平均速率

地點	行動裝置	連線方式	頻段	連線速率	實測速率	備註
大成國小	筆電 視窗系統	有線		1Gbps	852Mbps	
		802.11n	2.4GHz	144Mbps	49.5Mbps	
		802.11n	5GHz	300Mbps	86.9Mbps	
		802.11ac	5GHz	866Mbps	219Mbps	
	平板 Android	802.11n	2.4GHz	144Mbps	69.5Mbps	
		802.11n	5GHz	243Mbps	82.5Mbps	
		802.11ac	5GHz	533Mbps	205Mbps	
	平板 iOS	802.11n	2.4GHz	N/A	60.9Mbps	
		802.11n	5GHz	N/A	87.4Mbps	
		802.11ac	5GHz	N/A	223Mbps	

# 現況分析-中型學校-實測速率分佈



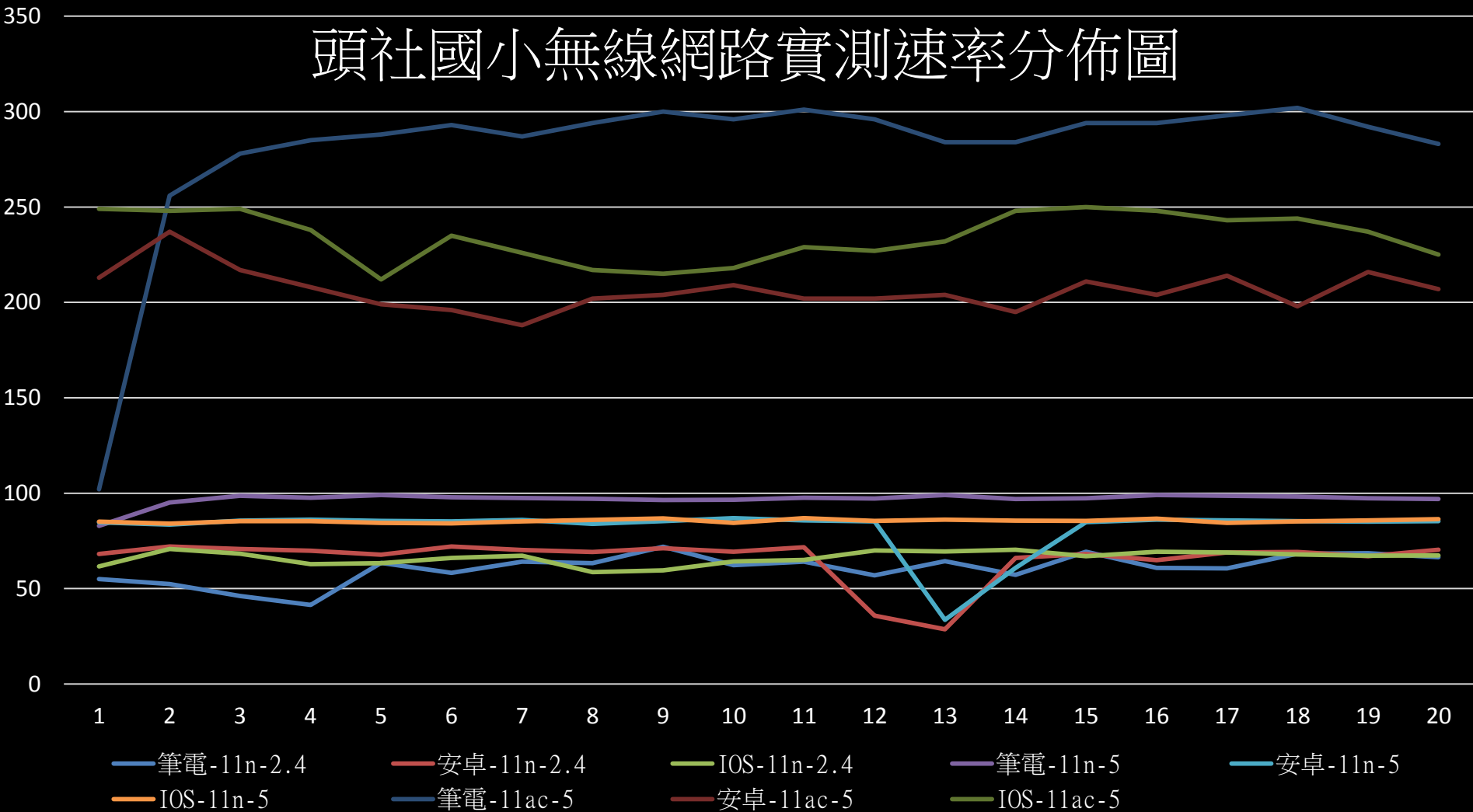
# 現況分析-小型學校



# 現況分析-小型學校-實測平均速率

地點	行動裝置	連線方式	頻段	連線速率	實測速率	備註
頭社國小	筆電 視窗系統	有線		1Gbps	946Mbps	
		802.11n	2.4GHz	144Mbps	61.0Mbps	
		802.11n	5GHz	300Mbps	96.9Mbps	
		802.11ac	5GHz	866Mbps	286Mbps	
	平板 Android	802.11n	2.4GHz	144Mbps	65.6Mbps	
		802.11n	5GHz	300Mbps	81.5Mbps	
		802.11ac	5GHz	866Mbps	206Mbps	
	平板 iOS	802.11n	2.4GHz	N/A	66.5Mbps	
		802.11n	5GHz	N/A	85.7Mbps	
		802.11ac	5GHz	N/A	234Mbps	

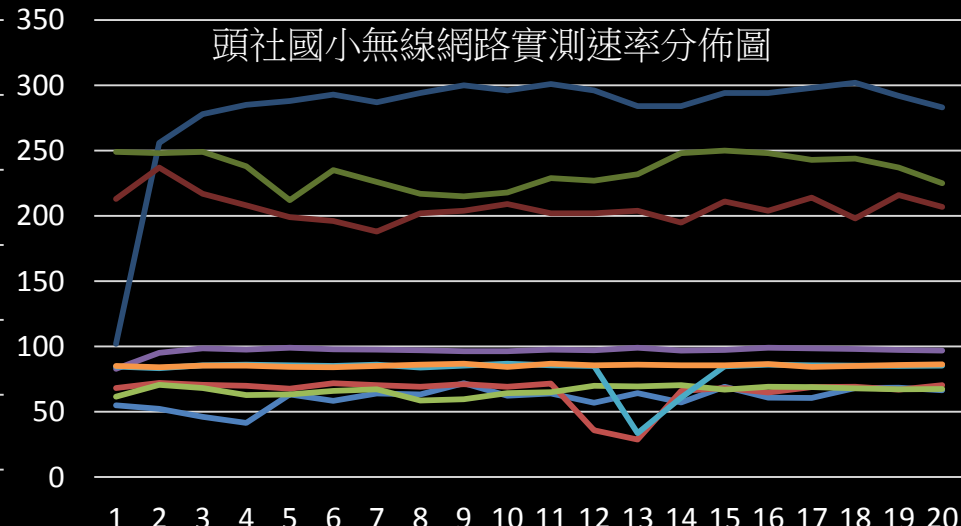
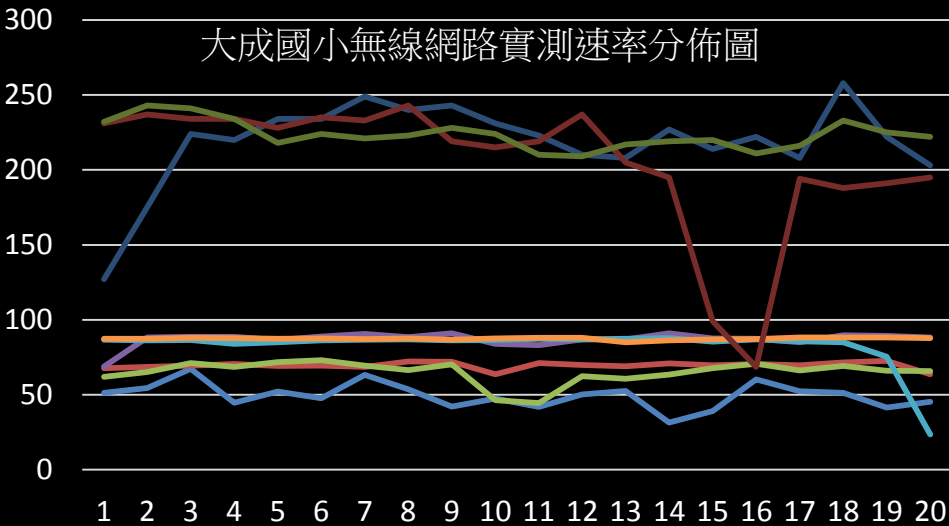
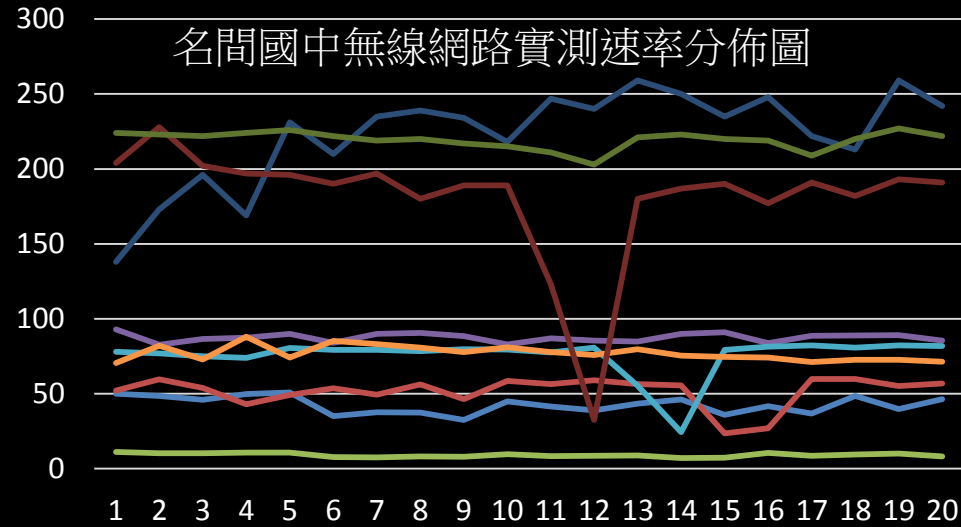
# 現況分析-小型學校-實測速率分佈



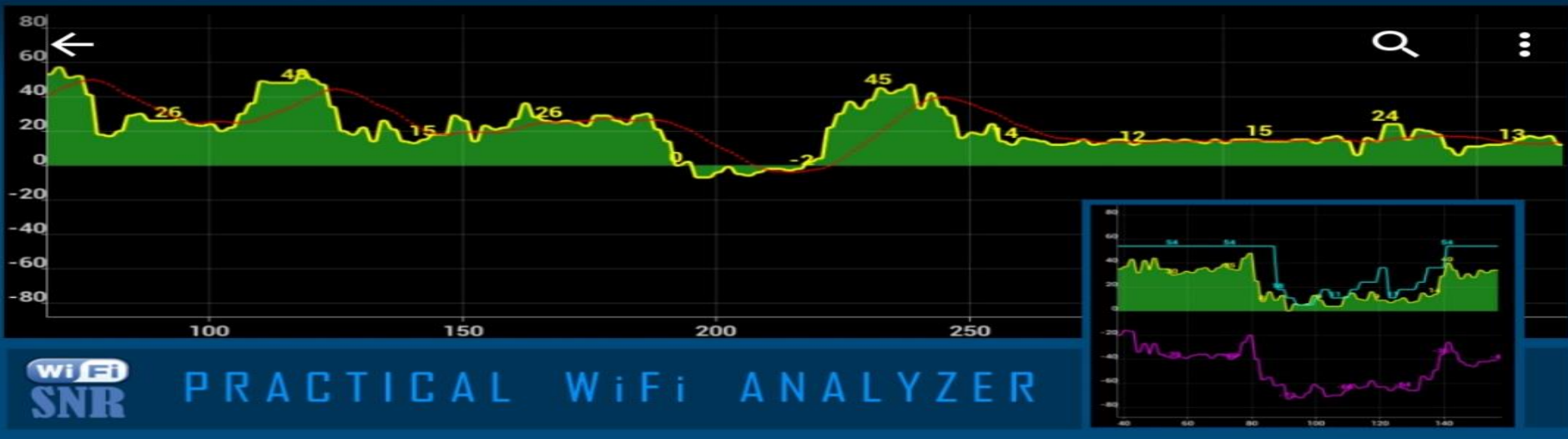


# 無線網路傳輸速率的穩定性

- 穩定性不佳。
- 有時會發生延遲。
- 802.11n@5GHz最穩定。



# 無線網路工具 - 連線狀況(速率變化)



WiFi SNR  
Javali Inc.

解除安裝

開啟



# 決定無線網路傳輸速率的因素

- 無線網路傳輸標準。
- 無線電波頻道的頻寬。
- 無線電波頻道的潔淨度。

# 無線網路標準、使用頻寬、傳輸速率 實測數據1

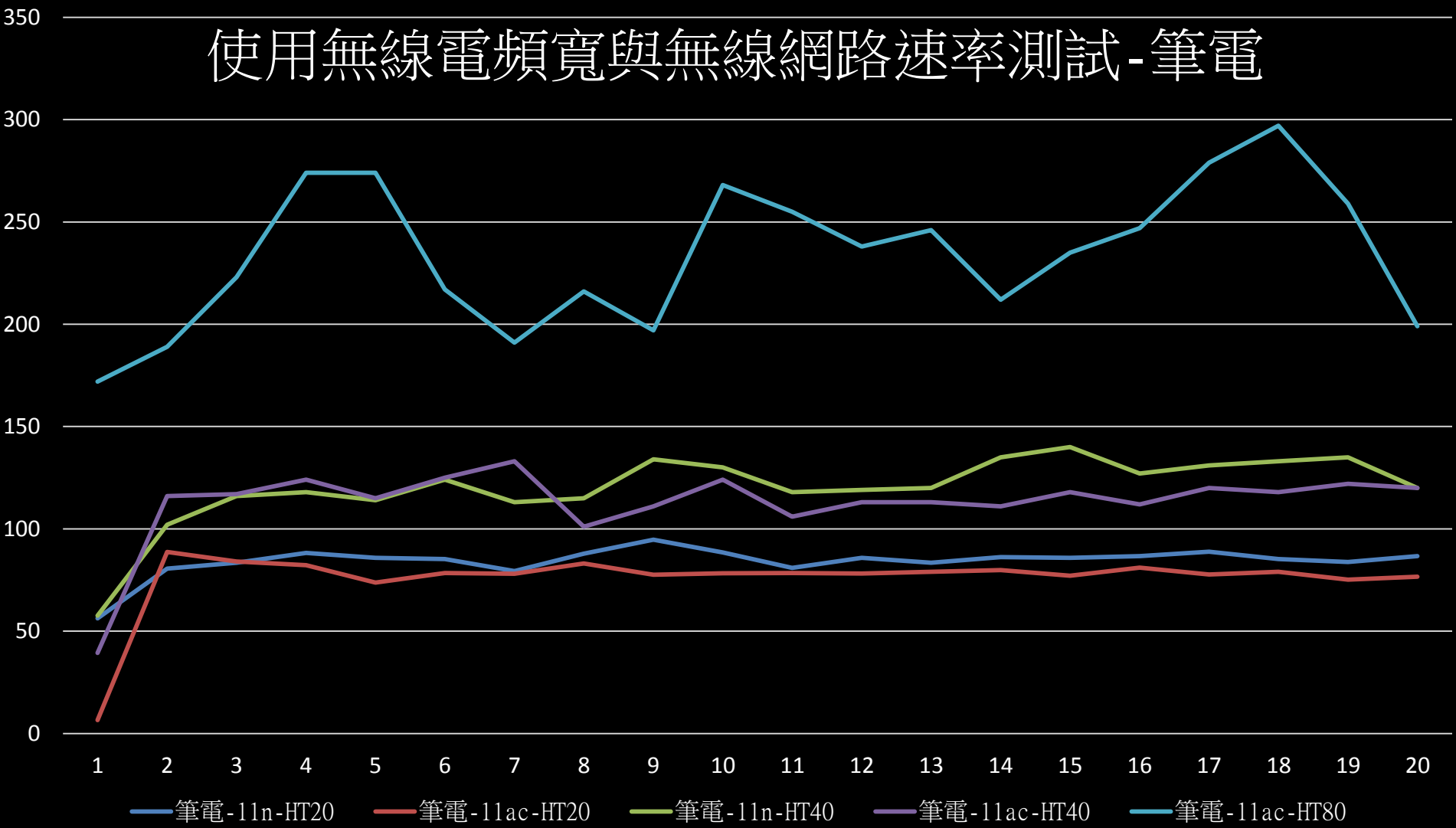
行動裝置	使用頻段	使用頻寬	連線速率	實測速率	備註
筆電 視窗系統	802.11n 5GHz	HT20	144 Mbps	84.2Mbps	
		HT40	300 Mbps	120Mbps	
	802.11ac 5GHz	HT20	173 Mbps	75.6Mbps	
		HT40	400 Mbps	113Mbps	
		HT80	866 Mbps	234Mbps	
平板 Android	802.11n 5GHz	HT20	144 Mbps	97.6Mbps	
		HT40	243 Mbps	150Mbps	
	802.11ac 5GHz	HT20	173 Mbps	110Mbps	
		HT40	400 Mbps	177Mbps	
		HT80	866 Mbps	239Mbps	

# 無線網路標準、使用頻寬、傳輸速率 實測數據2

行動裝置	使用頻段	使用頻寬	連線速率	實測速率	備註
平板 iOS	802.11n 5GHz	HT20	N/A	101Mbps	
		HT40	N/A	160Mbps	
	802.11ac 5GHz	HT20	N/A	96.5Mbps	
		HT40	N/A	168Mbps	
		HT80	N/A	257Mbps	

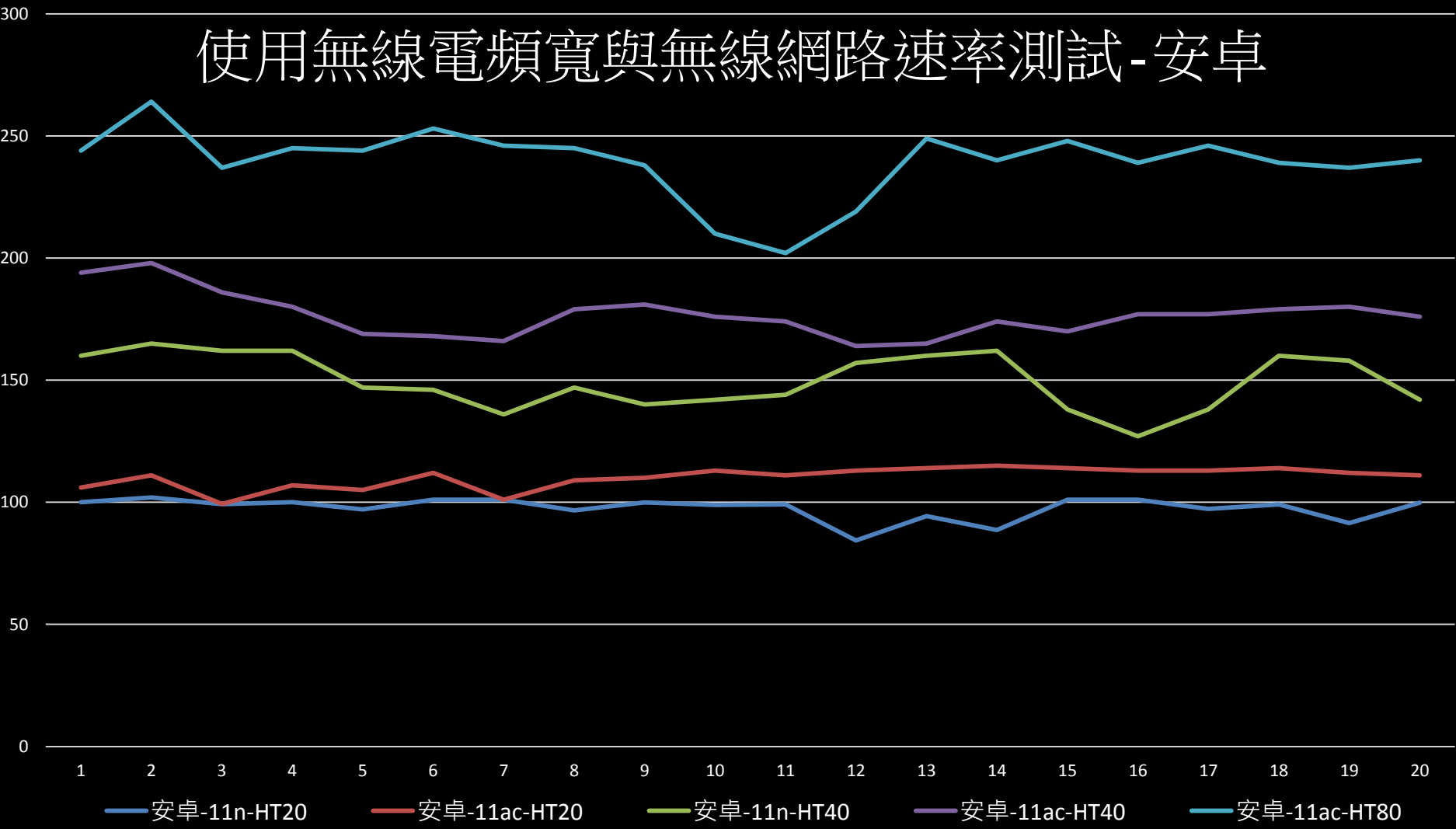
# 無線網路標準、使用頻寬、傳輸速率 實測速率分佈-筆電

## 使用無線電頻寬與無線網路速率測試-筆電



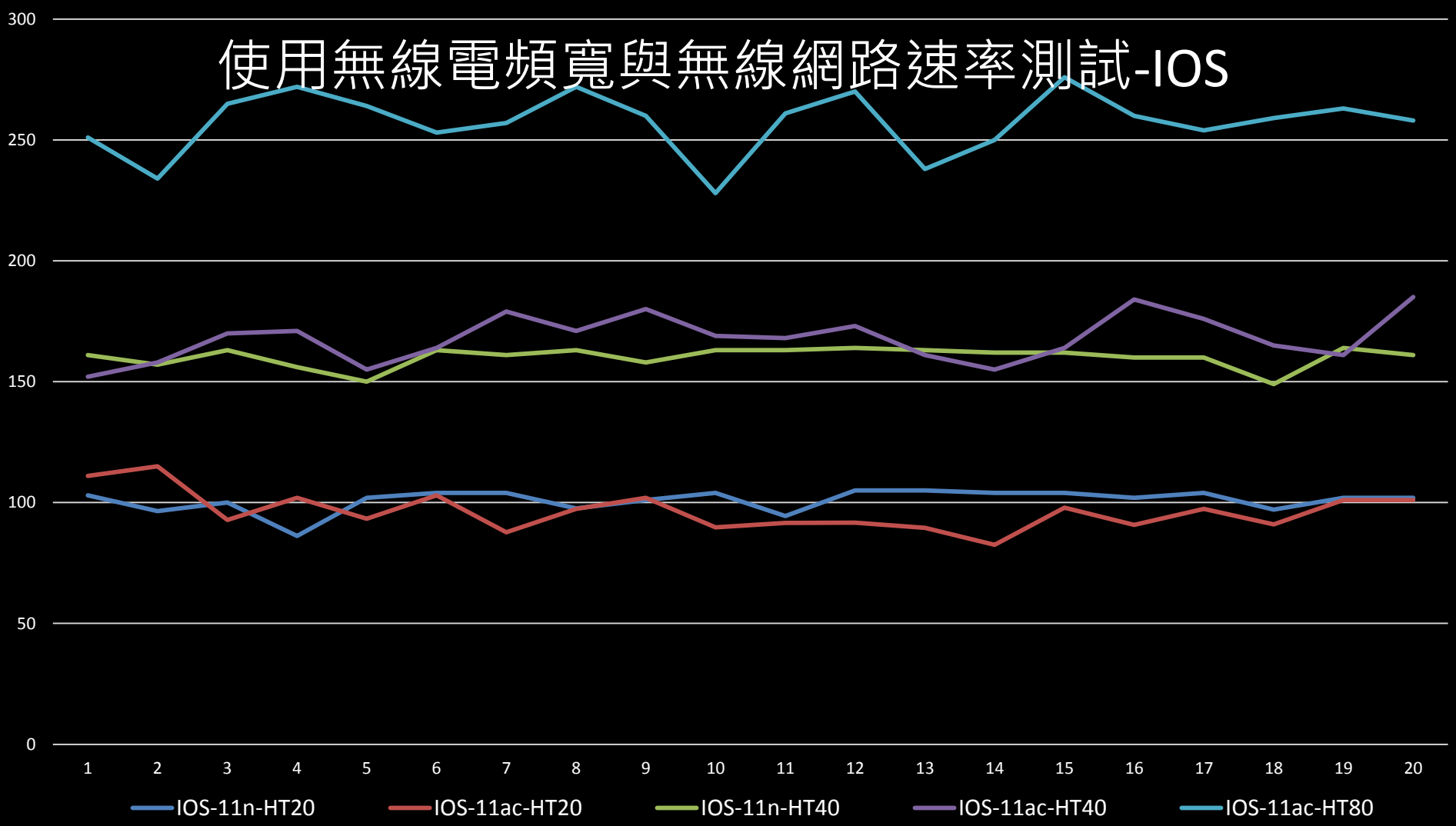
# 無線網路標準、使用頻寬、傳輸速率 實測速率分佈-平板Android

## 使用無線電頻寬與無線網路速率測試-安卓



# 無線網路標準、使用頻寬、傳輸速率 實測速率分佈 - 平板IOS

## 使用無線電頻寬與無線網路速率測試-IOS





# 無線電波頻道潔淨度與速率

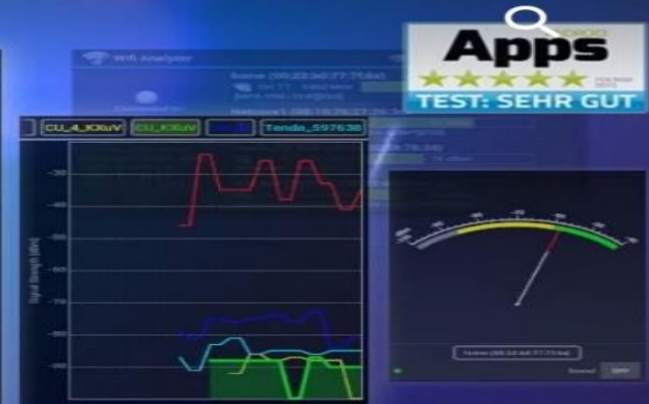
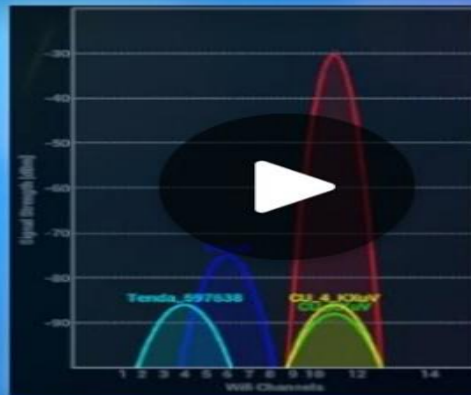
## 現況分析-實測平均速率一覽表

行動裝置	連線方式	頻段	連線速率(Mbps)			實測速率(Mbps)		
			名間國中	大成國小	頭社國小	名間國中	大成國小	頭社國小
筆電 視窗系統	有線		1000	1000	1000	937	852	946
	802.11n	2.4GHz	144	144	144	42.7	49.5	61.0
	802.11n	5GHz	300	300	300	87.5	86.9	96.9
	802.11ac	5GHz	866	866	866	223	219	286
平板 Android	802.11n	2.4GHz	130	144	144	51.6	69.5	65.6
	802.11n	5GHz	216	243	300	75.4	82.5	81.5
	802.11ac	5GHz	585	533	866	181	205	206
平板 iOS	802.11n	2.4GHz	N/A	N/A	N/A	9.39	60.9	66.5
	802.11n	5GHz	N/A	N/A	N/A	77.1	87.4	85.7
	802.11ac	5GHz	N/A	N/A	N/A	219	223	234

# 無線網路工具 - 訊號觀察



Wifi Analyzer



Wifi 分析儀 ( Wifi Analyzer )  
farproc

解除安裝

開啟

1,000

萬

4.4



# 無線網路工具 - 訊號觀察



## WiFi Analyzer Lite

Martin Hloušek

解除安裝

開啟

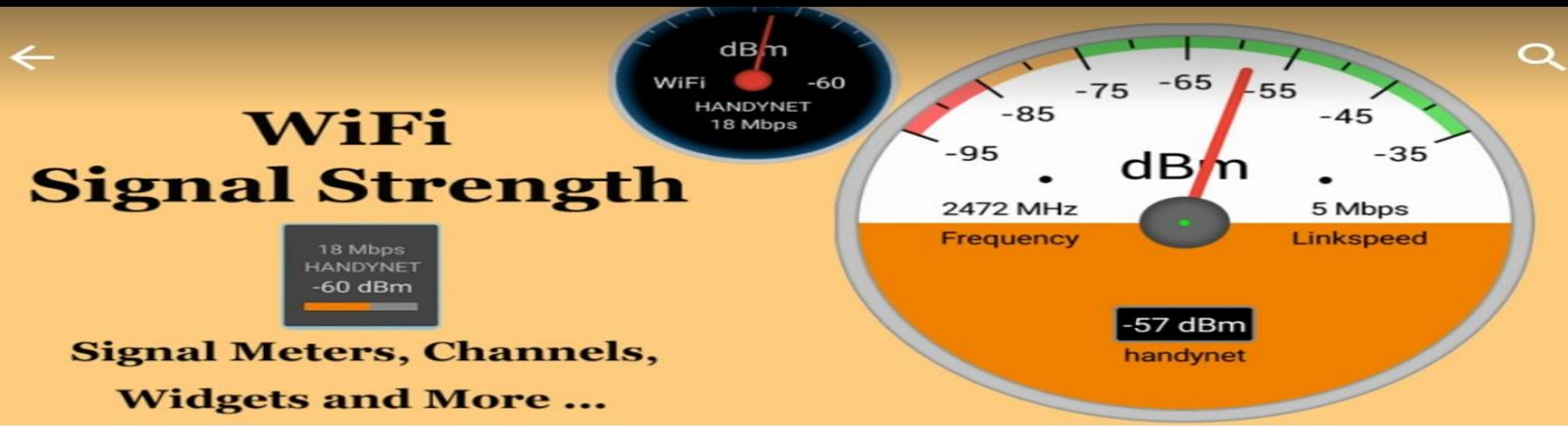
10

萬

3.8



# 無線網路工具 - 網路診斷



**WIFI Signal Strength**  
Lakshman

解除安裝

開啟

應用程式內購買

10  
萬

下載次數

4.0  
★★★★★

2,013



工具



類似內容

# 提高無線網路傳輸速率的做法

1. 選用可以處理較多裝置連線的無線網路基地台。
2. 無線網路基地台與行動學習載具使用相同的無線網路傳輸標準。
3. 每個無線電頻道只供一台無線網路基地台使用。

# 提高無線網路傳輸速率的方法

## 無線網路基地台

- 雙頻(2.4GHz&5GHz)。
- 符合802.11n以上標準(最好是802.11ac)。
- 5GHz支援Band 1~4(至少2~4，相容性等考量)。
- 可以穩定讓30台以上裝置連線上網。
- 可以調整無線電波發射功率。
- 經簡單測試本計劃所用802.11ac無線網路基地台可符合須求，據此同等級(含)以上的無線網路基地台理論上可用。

# 提高無線網路傳輸速率的方法

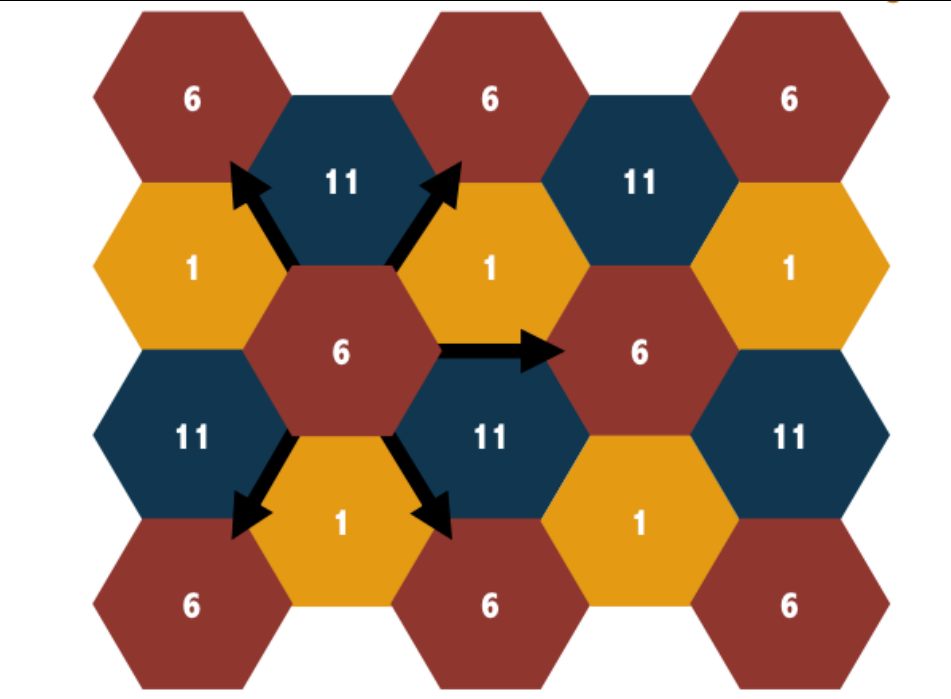
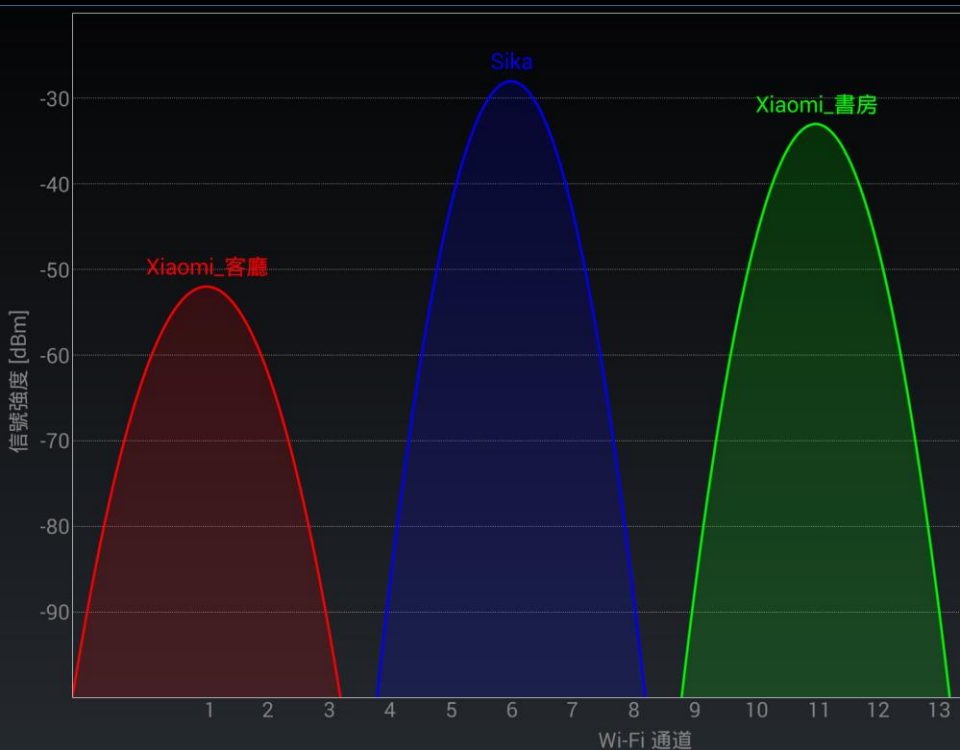
## 行動學習載具

- 雙頻(2.4GHz&5GHz)。
- 符合802.11n以上標準(最好是802.11ac)。
- 5GHz支援Band 1~4(至少2~4，相容性等考量)。

# 提高無線網路傳輸速率的方法

## 無線電頻道配置

- 在每個地方一個乾淨頻道只給一台無線網路基地台使用。





# 無線網路基地台的訊號強度

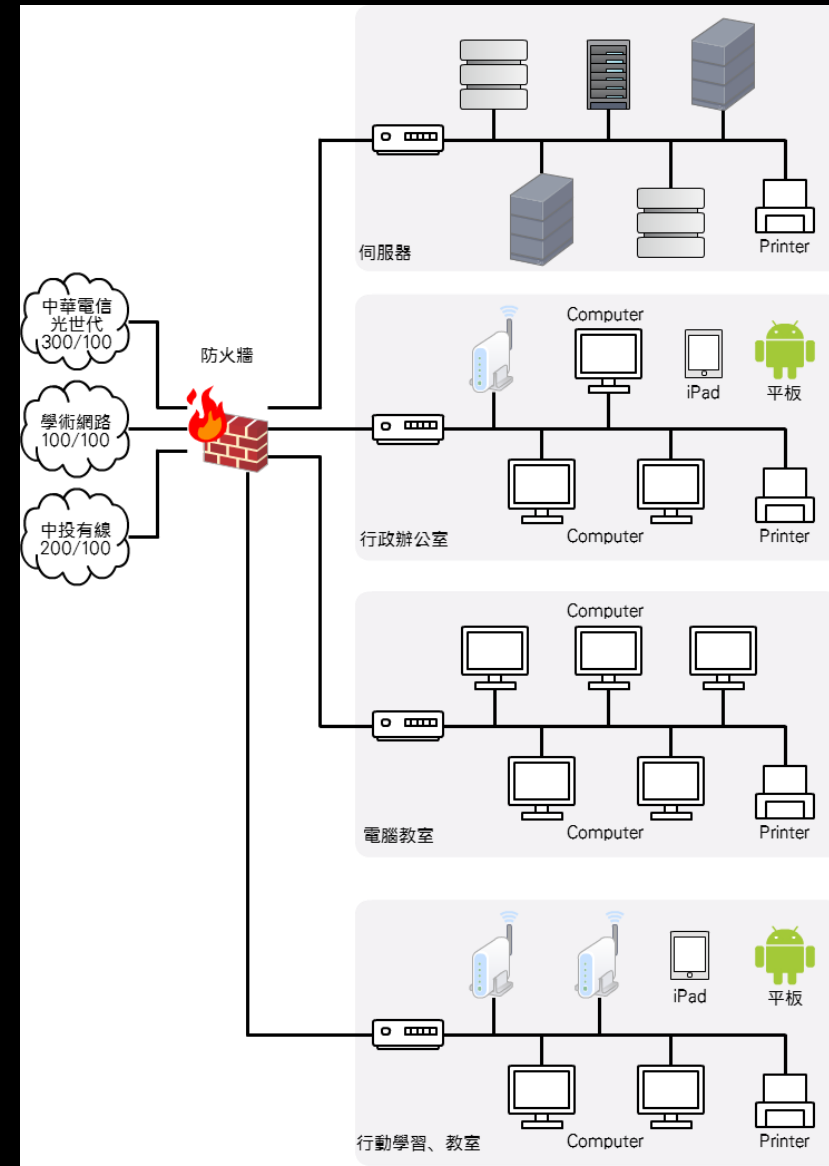
- 越強越好？
- 越弱越好？
- 傳統的觀念是希望訊號強些才不用架設那麼多的無線網路基地台！
- 現在一般人的觀念是最好沒有電磁波！
- 那資訊人的觀念是什麼？

# 無線網路基地台訊號強的優缺點

- 優點：覆蓋範圍越大。
- 缺點：
  1. 對相鄰的無線電頻道干擾越大，其結果就是實際的無線網路傳輸速率下降。
  2. 對2.4GHz頻道來說相對的使用相同頻道的無線裝置就越多，每個裝置分配到的無線網路傳輸速率也越小。

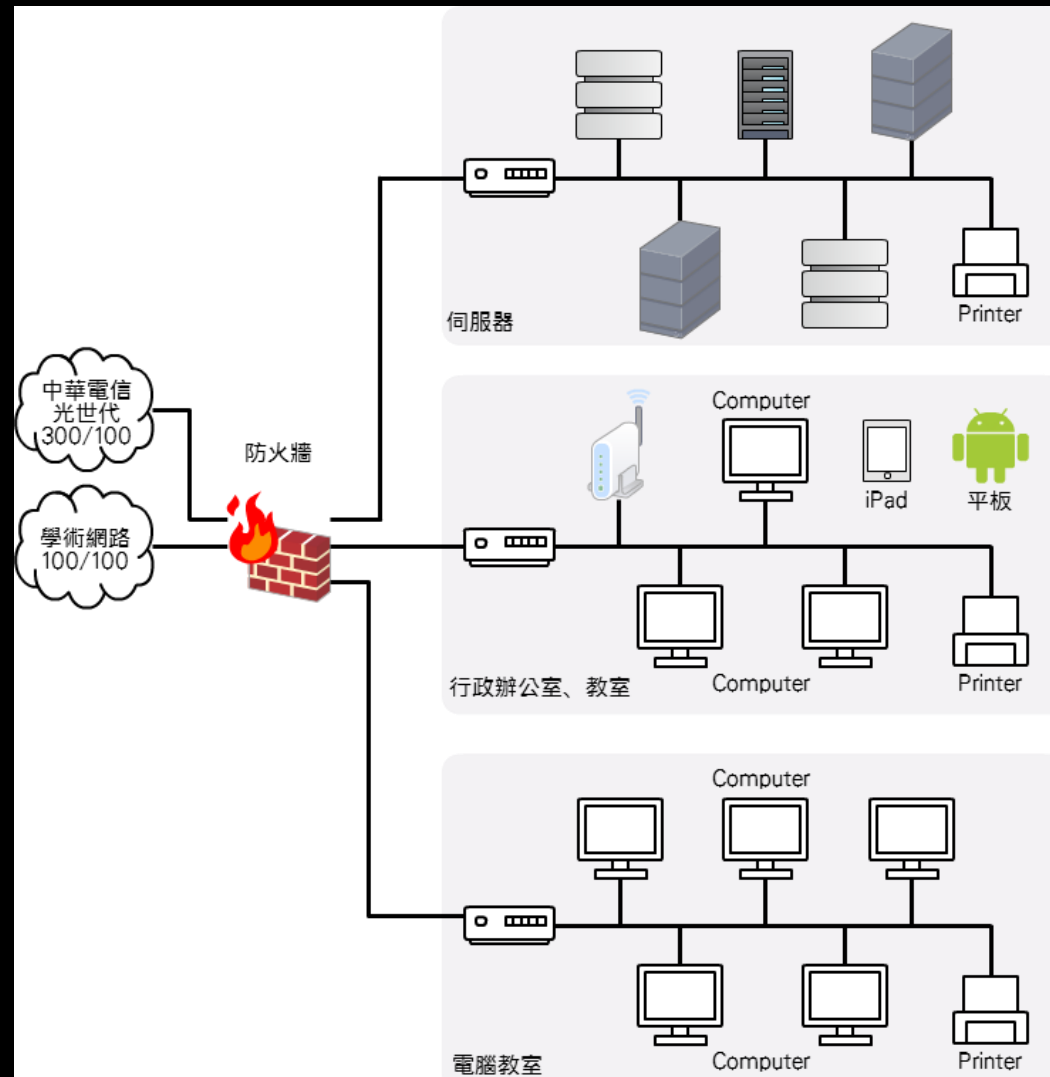
# 大型學校無線網路最佳佈建方案

- 目前採用802.11n@5GHz架構(約80Mbps)加802.11ac@2.4GHz。
- 未來應朝802.11ac@5GHz架構規畫(約200Mbps)。



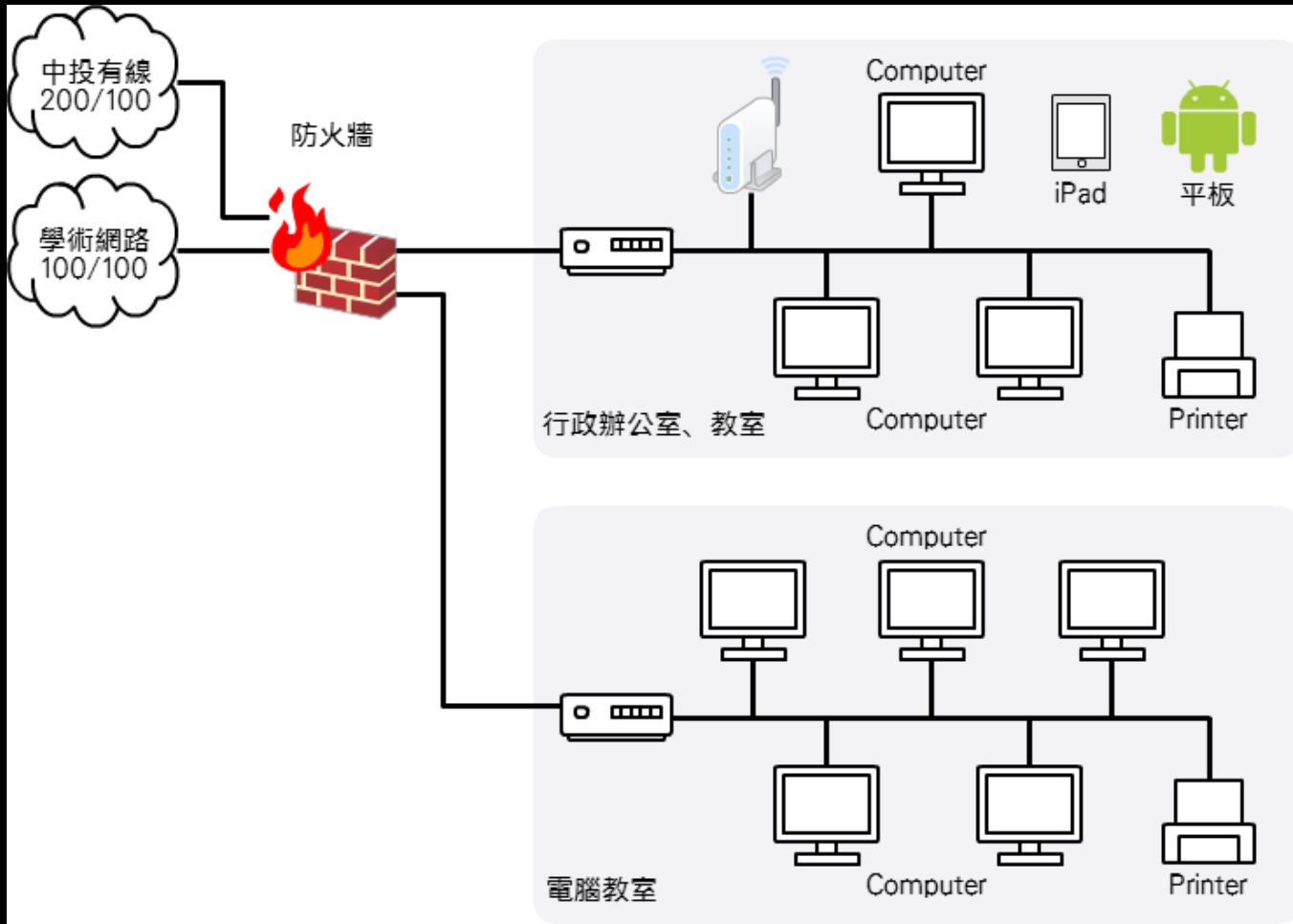
# 中型學校無線網路最佳佈建方案

- 採用802.11n@5GHz  
架構(約80Mbps)。



# 小型學校無線網路最佳佈建方案

- 採用802.11n@2.4GHz架構(約60Mbps)。

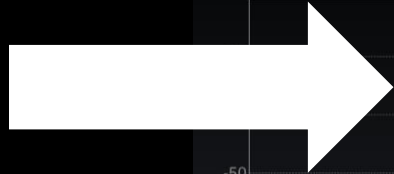


# 現況與建議方案速率對照表

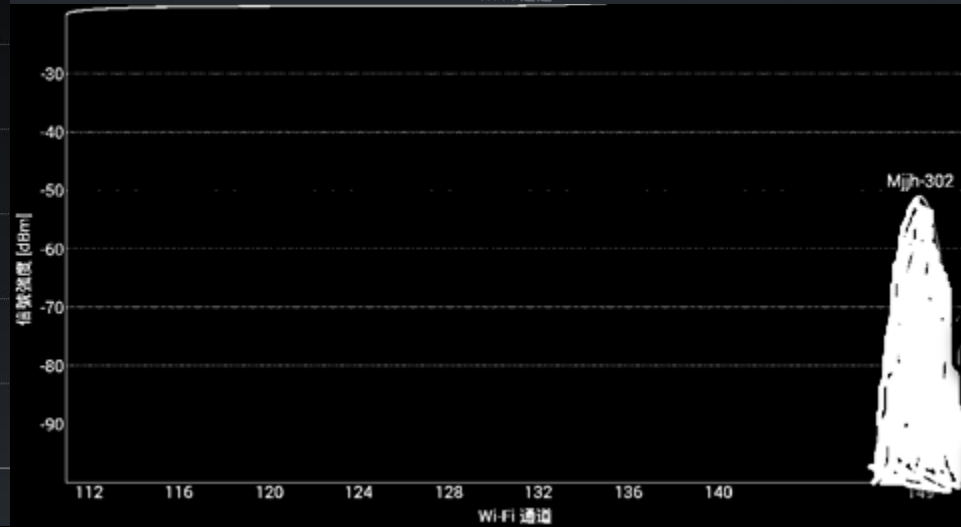
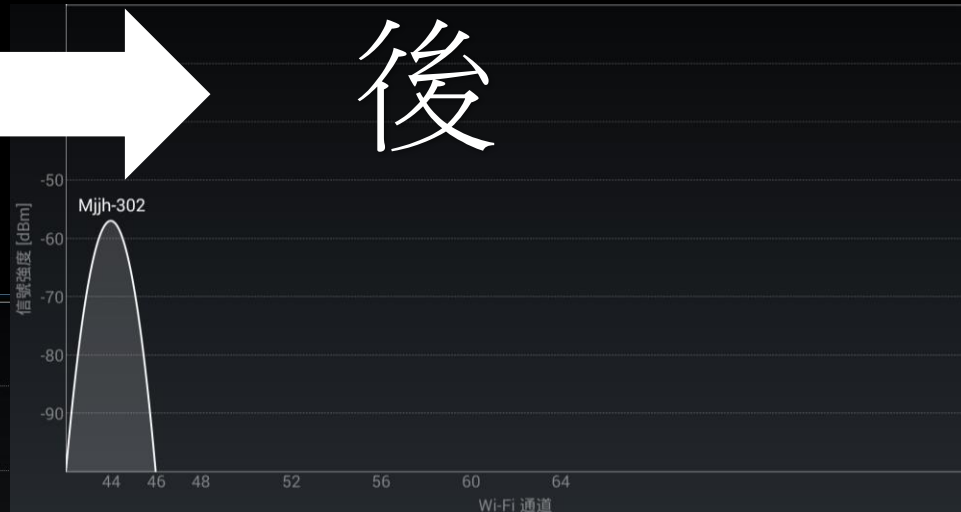
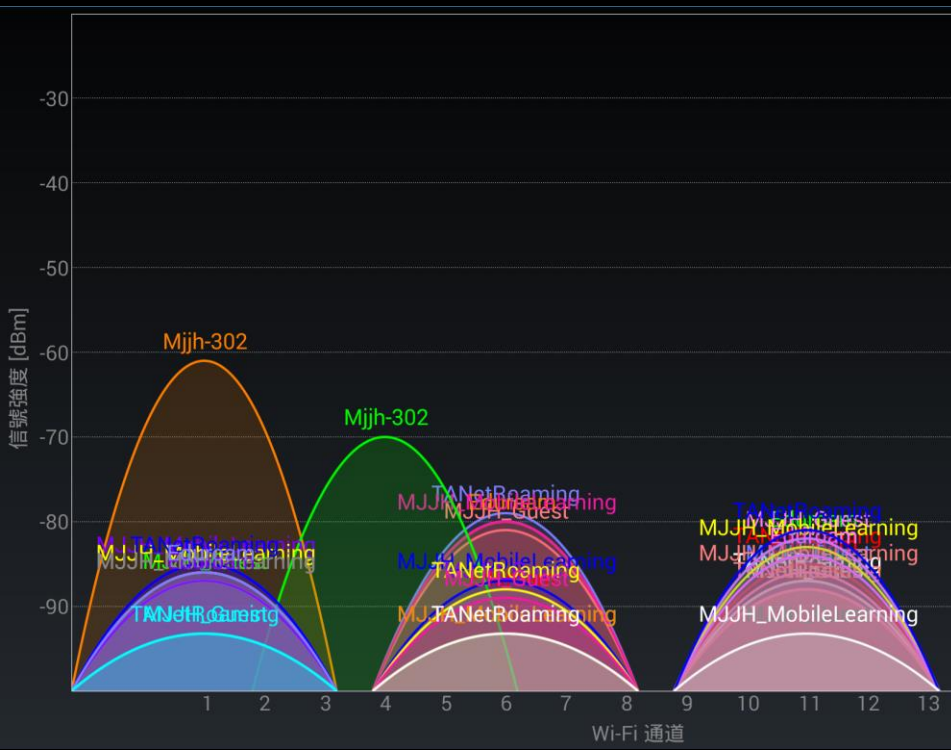
行動裝置	現況(Mbps)		建議方案(Mbps)	
	頻段@協定	實測速率	頻段@協定	實測速率
名間國中	11n@2.4GHz	9 ~ 42	現在11n@5GHz 未來11ac@5GHz	約>80 約>200
大成國小	11n@2.4GHz	50 ~ 70	11n@5GHz	約>85
頭社國小	11n@2.4GHz	<50	11n@2.4GHz以上	約>65

# 名間國中行動學習教室 前後訊號強度對照

前



後



# 校園無線網路架設建議

1. 以無線電波2.4GHz頻段做為提升校園無線網路覆蓋率(傳得遠、穿透力強)。
2. 無線電波5GHz頻段用來教學(速率快、穿透力差)。
3. 調整現有基地台訊號及強度，儘量不要有交叉。



# 無線網路展望

- 5GHz無線電頻段會不會干擾？
- 為什麼我們實測所得數據比無線網路規範小那麼多？
- 無線網路要用802.11n雙頻還是802.11ac？
- 無線網路基地台要用幾支天線的？

# 待續……

- 行動學習無線網路架設實例。
- 現有載具及無線網路基地台無線網路速率檢測。
- 符合行動學習需求的無線網路基地台最低規格。
- 符合行動學習需求的載具無線網路最低規格。
- 連外頻寬多少才合適。