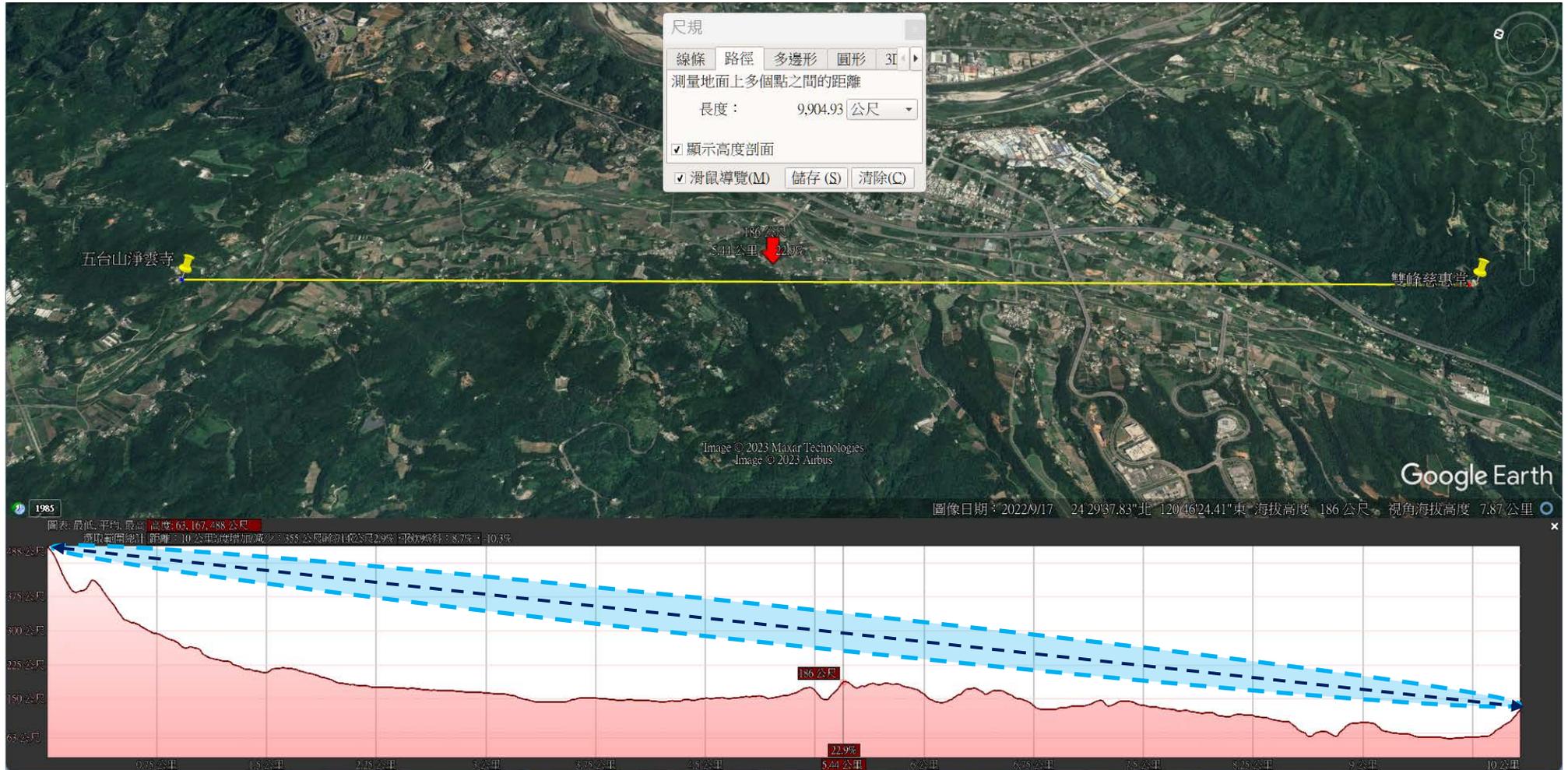


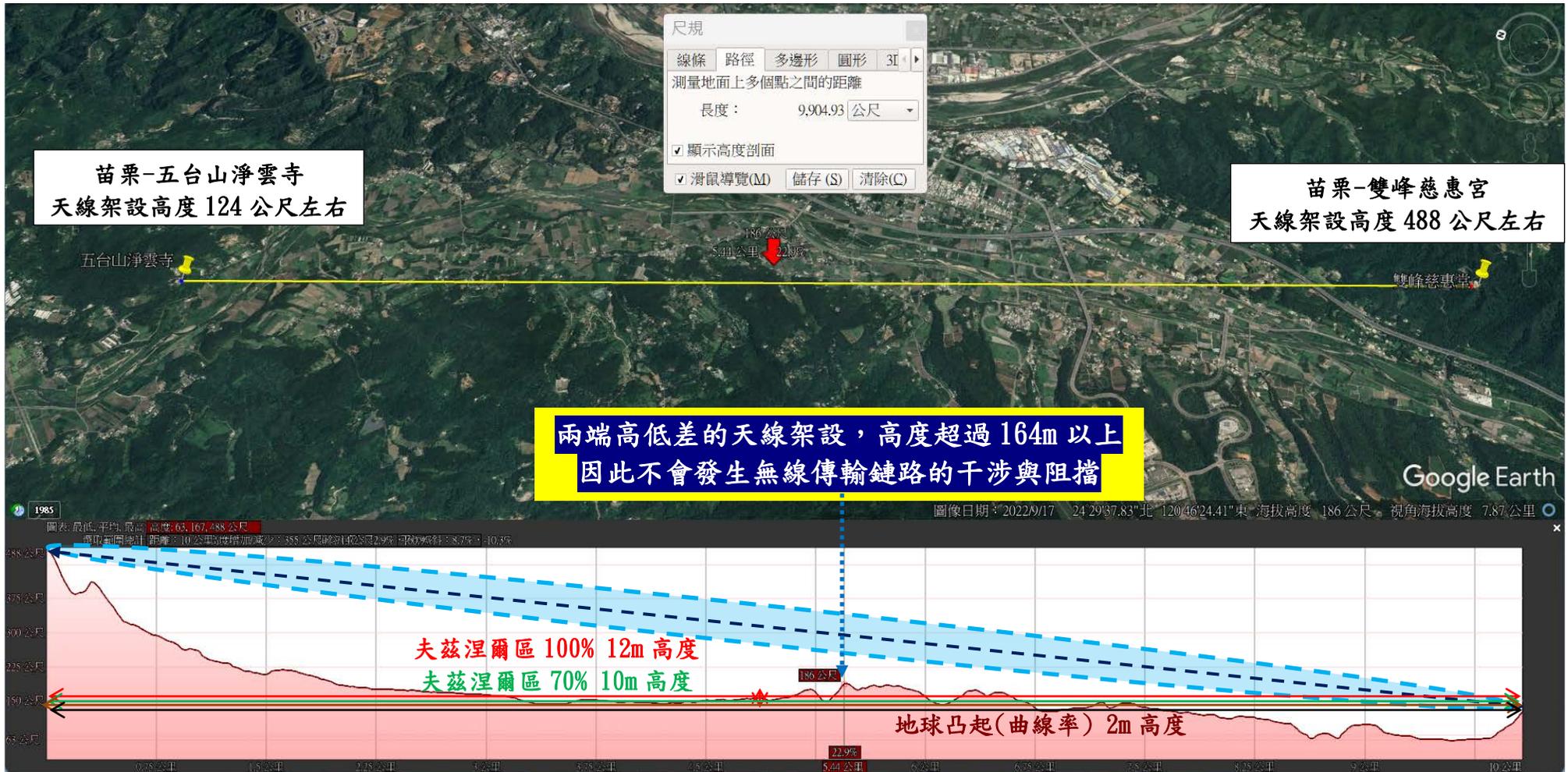
802.11ac (WiFi 5) 10Km 遠距離大頻寬無線系統傳輸測試驗證

苗栗 雙峰慈惠宮 <<-- 10Km -->> 苗栗 五台山淨雲寺

1. 測試距離：兩點直線距離 9.9 公里



2. 兩點直線剖面圖: 苗栗雙峰慈惠宮(488m) <<-- 10Km -->> 苗栗五台山淨雲寺(124m)



無線傳輸鏈路的阻擋與干涉估算

天線架設高度干涉線: $2m + 100\% 12m = 14m$

天線架設高度干涉線: $2m + 70\% 10m = 12m$

分析說明 1: 點對點 32 公里計算 -- 夫茲涅爾區 12 米(70%-10 米), 地球凸起(曲線率)2 米, 架設高度建議 14 米以上。

分析說明 2: 傳輸鏈路中間的山坡高度 188 米, 幸好架設點都較高, 中心點鏈路高度約 300 米高度, 因此沒有干涉問題存在。

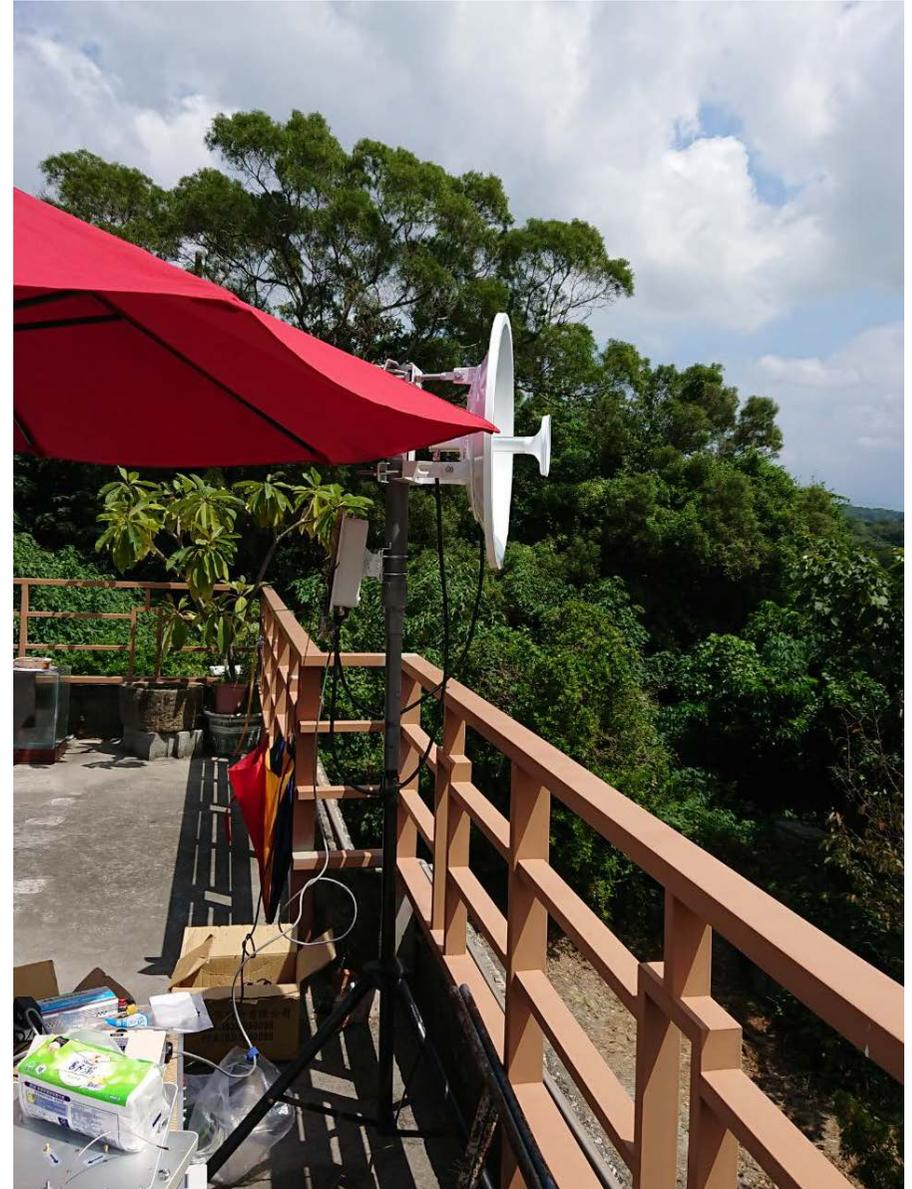
3. 兩點架設點環境照片：

>> 苗栗 雙峰慈惠堂(488m)



■ 兩點架設點環境照片：

>> 苗栗 五台山淨雲寺(124m)



4. 10Km 點對點無線傳輸訊號預估



勁電科技
IO-Power Technology

IO-Power Technology Co., Ltd 1F., No.100, Jinzhu Rd., North Dist., Hsinchu City 30055, Taiwan
 勁電科技有限公司 台灣新竹市30055北區金竹路100號1樓
 Tel:+886 3 5429395 Fax:+886 3 5357297 Skype: jmj10101 Copy Right by : Jacky Cheng
<http://www.io-power.com> <http://www.io-power.com.cn> e-mail: io-power@io-power.com.tw

Air Space Loss = - 92.4dBm -20*LOG(Frequency)-20*LOG(Distance)

Point to Point Receive Sensitivity (RSSI) Suggest

- for Wireless Backbone System: **802.11ag** -60dBm< RSSI< -40dBm/ **802.11an** -50dBm< RSSI < -35dBm/ **802.11ac** -40dBm< RSSI< -25dBm
- for Wireless Surveillance System : **802.11ag** -65dBm< RSSI< -40dBm/ **802.11an** -55dBm< RSSI < -35dBm/ **802.11ac** -45dBm< RSSI< -25dBm
- for Wireless Surf Internet Coverage System : -60dBm < RSSI < -35dBm

Note: Receive Sensitivity (RSSI) don't under > -20dBm, it will have effect of Hearing Loss

TX Antenna Gain
dBi

RF Cable Loss
<= 1 dB

RF Output Power
dBm

RX Antenna Gain
dBi

RF Cable Loss
<= 1 dB

RF Receive
Sensitivity
dBm

無線鏈路訊號值(dBm)計算 (Wireless PtP Signal Sensitivity Calculation)

傳輸鏈路訊號計算 (Signal Selectivity Calculation)	RF Output Power dBm (Maxmium)	RF Cable Loss dB (1m=0.6dB)	TX Antenna Gain dBi	Space Loss = 92.4	Frequence Loss GHz	Distance Loss Km	Rain Loss = 2 dB	Tree Loss 1m=5dB	RX Antenna Gain dBi	RF Cable Loss Db (1m=0.6dB)
參數定義 (Parameter Definition)	無線最大輸出功率	RF線損耗	天線增益	空間衰減	頻率衰減	距離衰減	雨衰	樹衰	天線增益	RF線損耗
請填入數據 (Please fill in your data)	19	1	27	92.4	5.45	10	0	0	27	1
計算結果 (Calculation Results)	-56.1									

>> 802.11ac : 無線射頻輸出 19dBm → 10Km 無線理論接收訊號 -56dBm + -3dBm / 此次測試約 -51 ~ -57dBm

→ 預估 HT40MHz Data Rate 傳輸率可達到 360 ~ 400Mbps

預估實際頻寬流量 200 ~ 240Mbps (280Mbps)

→ 預估 HT80MHz Data Rate 傳輸率可達到 780 ~ 867Mbps

預估實際頻寬流量 380 ~ 450Mbps (500Mbps)



5. EBLL4-DAC3P-RF2 無線測試設備設定參數 (類軍規 PTP MESH Mode)

>>>> 全域設定

儀錶板
設定
系統
網路
管理
工具
進階
登出

全域	射頻 1	射頻 2	射頻 3
IPv4位址			192.168.100.123
IPv4網路遮罩			255.255.255.0
IPv4開道			
IPv4 廣播			
IPv4 DNS			
IGMP 窺探			啟用
IPv6 ULA前綴			fd12:fc36:df3c::/48
PtPMesh 功能			啟用
連線群組 ID			1
根節點功能			啟用
乙太1 額外費用			0
乙太2 額外費用			0

>>>> 射頻 2 設定

儀錶板
設定
系統
網路
管理
工具
進階
登出

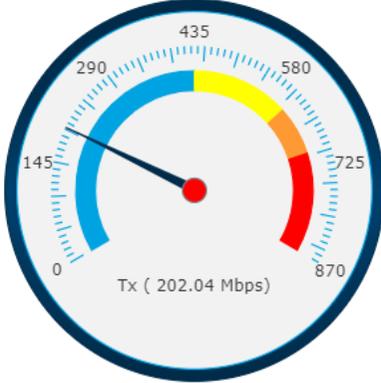
全域	射頻 1	射頻 2	射頻 3
射頻運行模式		PtPMesh	
操作頻率		頻率(MHz) 5745	寬度 80 MHz
發射功率		27 dBm	
距離[米]		15000	
天線配置		2 Tx stream, 2 Rx stream	
連線 ID		Test_R2	
加密[Encryption]		停用	
額外費用		0	

>> PTP MESH 運作模式的儀錶板 (設備運作資訊)

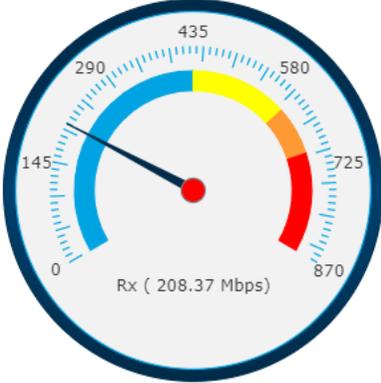
儀錶板
設定
管理
工具
進階
登出

儀錶板

射頻 2



Tx (202.04 Mbps)

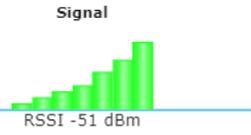


Rx (208.37 Mbps)

Channel

149 [5745 MHz]

Signal



RSSI -51 dBm

Tx Rate

866.7 Mbps

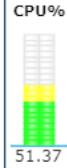
Rx Rate

866.7 Mbps



UP
LLV4[3]
0 Days 0:3:2

CPU%



51.37

MEM%



21.47

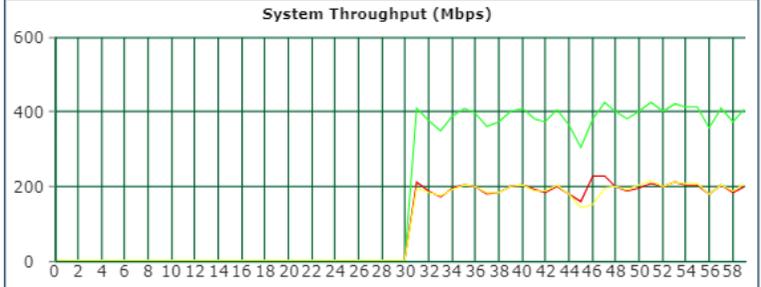
PPS



45312

MAC : 34:4F:3F:00:00:41
 IPv4 : 192.168.100.123/255.255.255.0
 IPv6 : fd12:fc38:df3c::1/ffff:ffff:ffff:ffff::
 T/R B(Pkt): 1.866 (1808932) / 1.716 (1492112)
 Link : 1000Mbps (full) / Not Connected
 Vendor : IO-Power Technology Co., Ltd.
 Product : EBL4-DAC3P
 Firmware : 1.3.2
 Local Time : 2022/02/18 20:32:23

System Throughput (Mbps)



介面狀態

節點資訊	乙太 1	乙太 2	射頻 1	射頻 2	射頻 3
Root[Master]	Forward	Down	Down	Forward	Not available

說明:剛開始架設測試,接收訊號-57 ~ -64dBm 間飄移,透過無線設備內建的天線調校工具調校,最終取得-51dBm 的極佳接收訊號值(調整完後-57dBm 穩定傳輸,867Mbps 傳輸率,0%掉包率;重新開機後,取得-51dBm 兩端穩定的 RSSI 接收訊號值)。

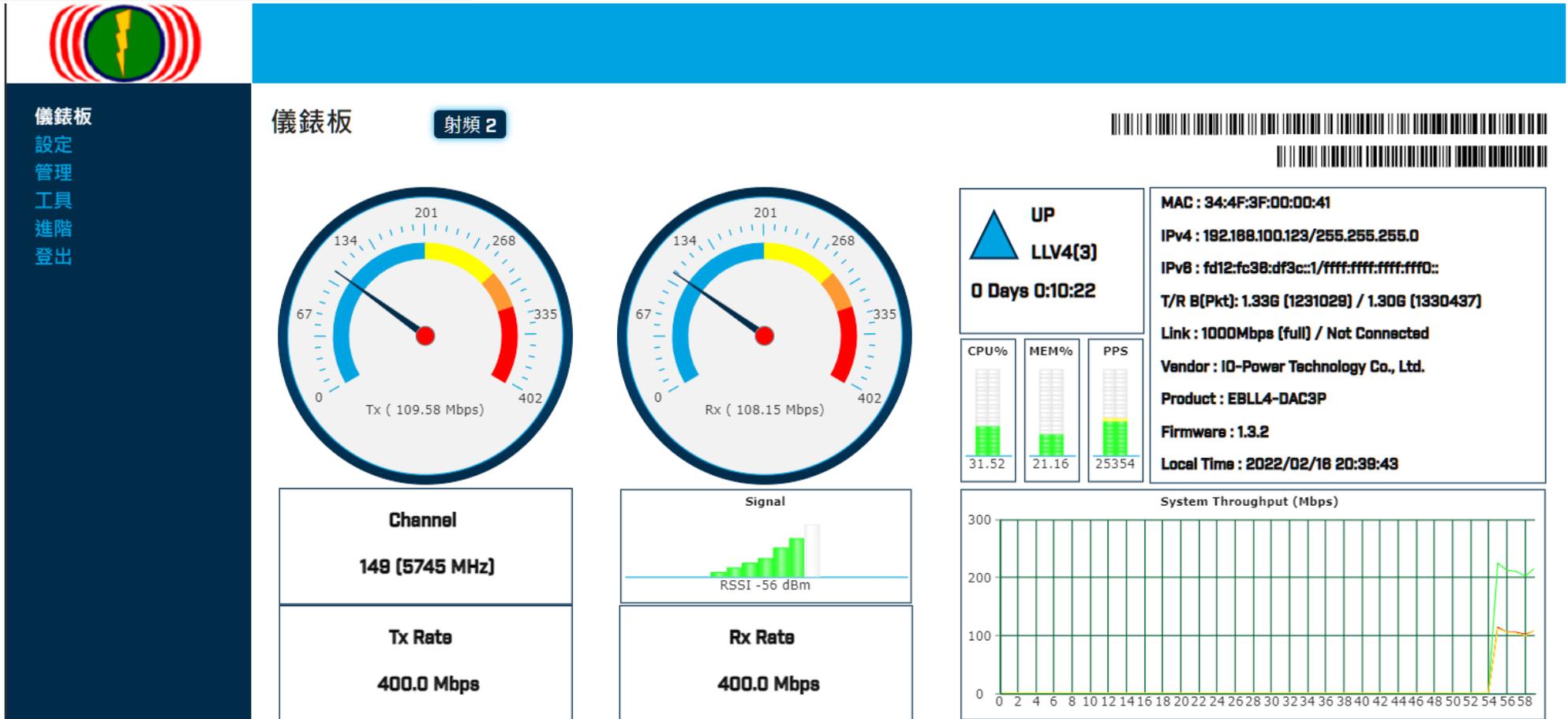


6. 測試設備清單與架設軟硬體條件:

編號	設備名稱	測試點 01 苗栗 雙峰慈惠堂	測試點 02 苗栗 五台山淨雲寺	備註
1	電腦設備規格	ASUS NB 筆記型電腦 Intel i7- 11800H CPU @ 2.3GHz RAM 16GB 64Bit	HP NB 筆記型電腦 Intel i5-8250U CPU @ 2.5GHz RAM 16GB 64Bit	
2	電腦搭配軟體	Win 11 for IxChariot	Win 11 for IxChariot	
3	電腦網路 IP/Port	192.168.100.77 / 1000Mbps (1Gbps)	192.168.100.88 / 1000Mbps (1Gbps)	
4	測試封包軟體	IxChariot / 天線調校工具	IxChariot / 天線調校工具	
5	測試封包鏈路數量	8 Pairs	8 Pairs	
6	無線設備	EBLL4-DAC3P: 192.168.100.123	EBLL4-DAC3P: 192.168.100.223	
7	設備軟體版本	1.3.2 版本	1.3.2 版本	
8	搭配天線	5GHz 27-30dBi Dish 碟型指向天線 垂直 6 度 / 水平 6 度	5GHz 27-30dBi Dish 碟型指向天線 垂直 6 度 / 水平 6 度	預估訊號:-56dBm +- 3dBm
9	架設高度(天線)/海平面	2 米 / 488 米	2 米 / 124 米	沒有鏈路遮蔽與阻擋問題
10	測試天候	晴天 (空氣汙染, 無法看清對向寺廟)	晴天 (空氣汙染, 無法看清對向寺廟)	10:00 ~ 16:30

7. PTP MESH 模式/距離 10Km/頻道寬度:HT40MHz/無線頻率:5745MHz/雙向測試 3 分鐘:209Mbps

>> 測試頻寬時的儀錶板運作資訊



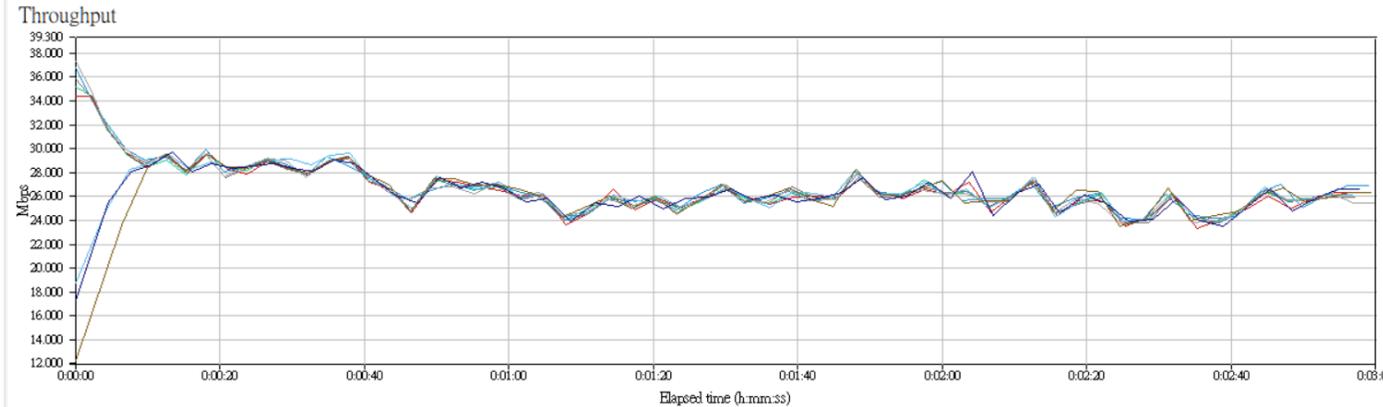
- 使用頻率：5745MHz (149Ch)
- 輸出功率：27dBm
- 距離參數：20000 (高於預定 12000 公尺甚多；之後以參數 15000 公尺測試證實，會因此影響少約 20-40Mbps 頻寬)
- 接訊號強度：-56dBm (與預估-56dBm 相當)
- 傳輸率：400Mbps (頻寬推估超過 220Mbps 以上)
- 儀錶板傳輸率：109.58Mbps + 108.15Mbps = 217.73Mbps ;因為封包標頭標記與詢問封包...等未計入，導致有 18Mbps 左右的頻寬流量差異!!



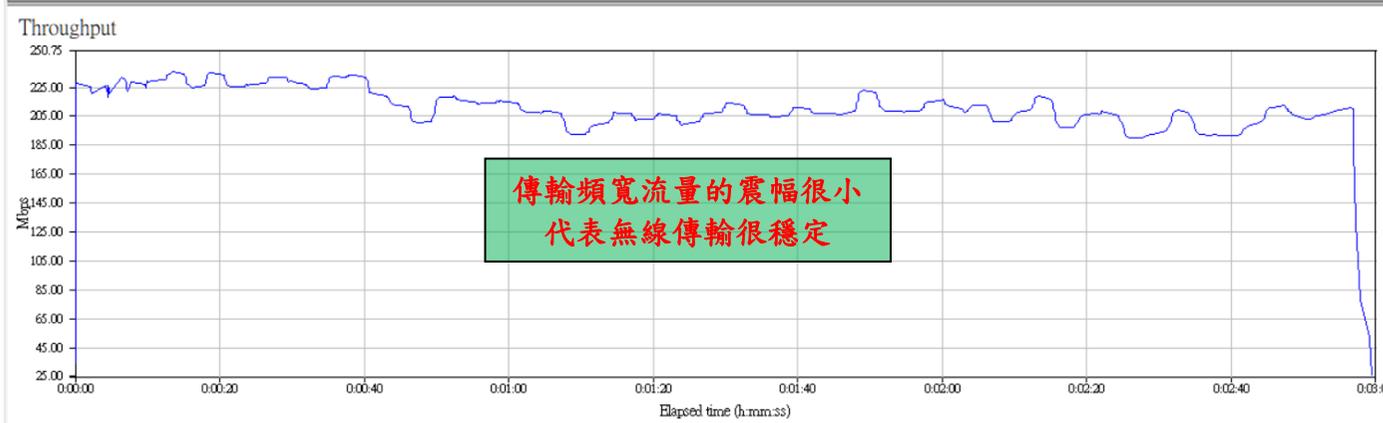
>> 測試 3 分鐘頻寬流量的數據 : 209Mbps

Group	Pair Group Name	Run Status	Timing Records Completed	95% Confidence Interval	Average (Mbps)	Minimum (Mbps)	Maximum (Mbps)	Measured Time (sec)	Relative Precision
All Pairs			471		209.352	12.266	37.348		
	Pair 33 No Group	Finished	59	-0.518 : +0.518	26.664	23.761	35.211	177.019	1.944
	Pair 34 No Group	Finished	59	-0.521 : +0.521	26.591	23.337	34.438	177.609	1.960
	Pair 35 No Group	Finished	60	-0.521 : +0.521	26.803	24.104	36.815	179.084	1.943
	Pair 36 No Group	Finished	59	-0.527 : +0.527	26.644	23.760	35.858	177.148	1.977
	Pair 45 No Group	Finished	58	-0.538 : +0.538	26.229	18.775	29.652	176.905	2.051
	Pair 46 No Group	Finished	60	-0.541 : +0.541	26.673	23.620	37.348	179.954	2.030
	Pair 47 No Group	Finished	58	-1.077 : +1.077	25.859	12.266	29.531	179.435	4.163
	Pair 48 No Group	Finished	58	-0.599 : +0.599	26.103	17.331	29.729	177.760	2.294

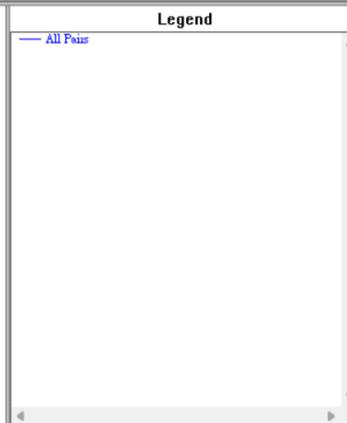
無線頻寬流量: 209Mbps



Pairs: 8 Start: 2023/9/27, 上午 11:54:22 Ixia Configurator End: 2023/9/27, 上午 11:57:22 Run time: 00:03:00 Ran to completion



傳輸頻寬流量的震幅很小
代表無線傳輸很穩定



8. PTP MESH 模式/距離 10Km/頻道寬度:HT80MHz/無線頻率:5745MHz/雙向測試 3 分鐘:391Mbps

>> 測試頻寬時的儀錶板運作資訊

儀錶板

設定

管理

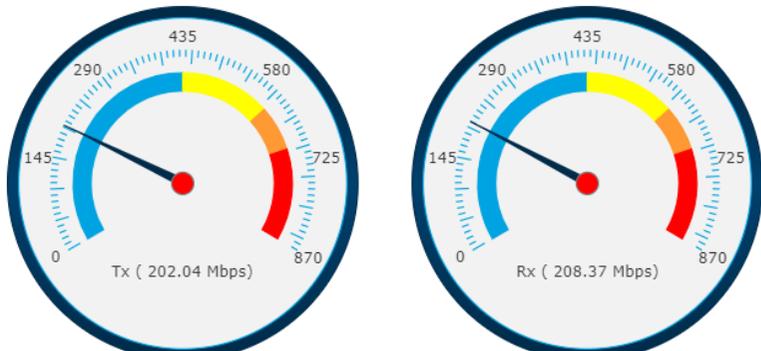
工具

進階

登出

儀錶板

射頻 2



Channel

149 [5745 MHz]

Signal



RSSI -51 dBm

Tx Rate

866.7 Mbps

Rx Rate

866.7 Mbps

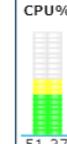


UP

LLV4(3)

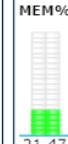
0 Days 0:3:2

CPU%



51.37

MEM%



21.47

PPS



45312

MAC : 34:4F:3F:00:00:41

IPv4 : 192.168.100.123/255.255.255.0

IPv6 : fd12:fc38:df3c::1/ffff:ffff:ffff:ffff::

T/R B(Pkt): 1.886 (1808932) / 1.716 (1492112)

Link : 1000Mbps (full) / Not Connected

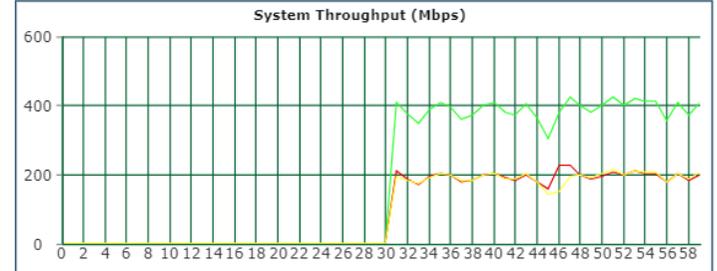
Vendor : IO-Power Technology Co., Ltd.

Product : EBLL4-DAC3P

Firmware : 1.3.2

Local Time : 2022/02/18 20:32:23

System Throughput (Mbps)



介面狀態

節點資訊	乙太 1	乙太 2	射頻 1	射頻 2	射頻 3
Root[Master]	Forward	Down	Down	Forward	Not available

特別說明:

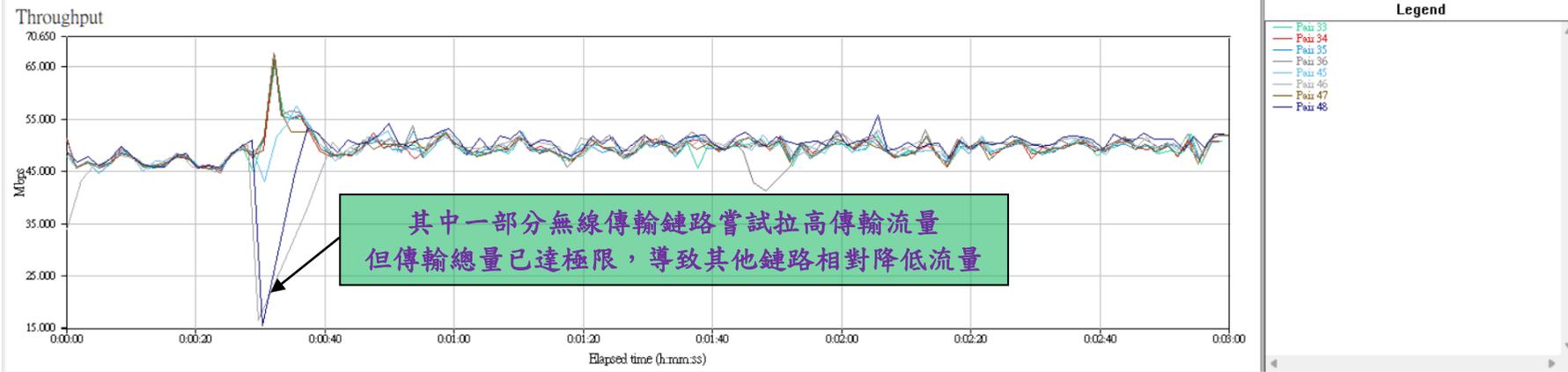
- 距離參數: 15000 (略高於預定 12000 公尺; 之後精準參數 12000 公尺測試證實, 會因此影響少約 20-40Mbps 頻寬)
- 接訊號強度: -51dBm (透過無線設備內建的天線調校軟體工具, 進行更精準對準調校, 最終取得-51dBm 極佳訊號值, 優於預估值 5dBm!!)



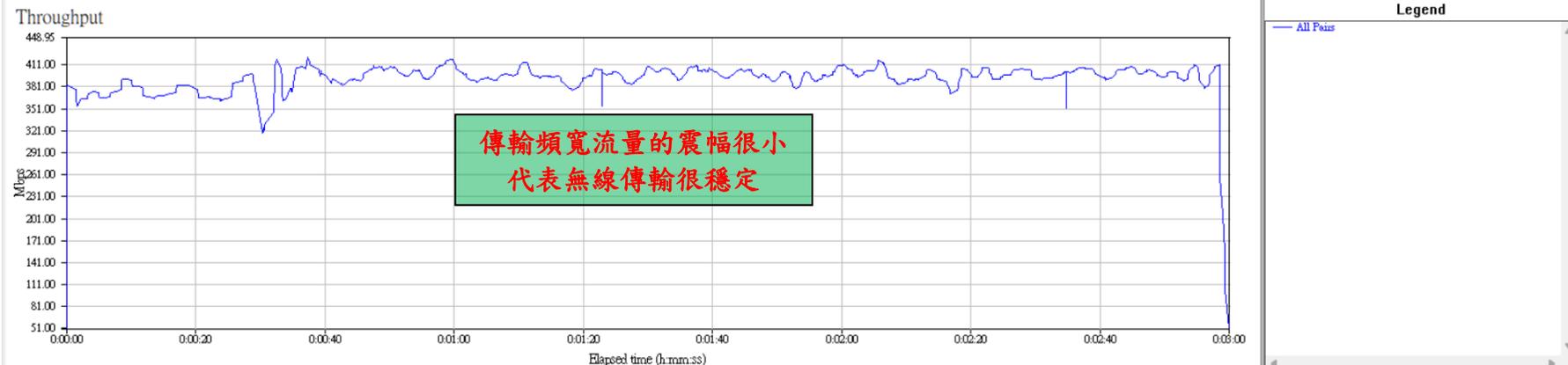
>> 測試 3 分鐘頻寬流量的數據 : 391Mbps

Group	Pair Group Name	Run Status	Timing Records Completed	95% Confidence Interval	Average (Mbps)	Minimum (Mbps)	Maximum (Mbps)	Measured Time (Sec)	Relative Precision
All Pairs			880		391.157	15.456	67.568		
	Pair 33 No Group	Finished	110	-0.432 : +0.432	49.195	44.944	65.200	178.880	0.877
	Pair 34 No Group	Finished	110	-0.424 : +0.424	49.305	45.147	67.002	178.481	0.880
	Pair 35 No Group	Finished	110	-0.430 : +0.430	49.317	44.643	67.568	178.437	0.872
	Pair 36 No Group	Finished	111	-0.528 : +0.528	49.560	41.280	67.568	179.178	1.065
	Pair 45 No Group	Finished	110	-0.385 : +0.385	49.311	43.034	57.471	178.458	0.781
	Pair 46 No Group	Finished	108	-1.892 : +1.892	48.034	16.390	53.015	179.873	3.999
	Pair 47 No Group	Finished	111	-0.418 : +0.418	49.357	45.429	67.227	179.913	0.847
	Pair 48 No Group	Finished	110	-1.976 : +1.976	49.101	15.456	55.633	179.228	4.025

無線頻寬流量: 391Mbps



Pairs: 8 | Start: 2023/9/27, 下午 12:53:32 | Ixia Configur | End: 2023/9/27, 下午 12:56:32 | Run time: 00:03:00 | Ran to completion





9. 20230927 10Km 遠距離大頻寬無線傳輸測試報告紀錄表(苗栗慈惠宮<<- 10Km ->>苗栗淨雲寺)

20230927 10Km 遠距離大頻寬無線傳輸測試報告紀錄表 (苗栗 雙峰慈惠宮 <<- 10Km ->> 苗栗 五台山靜雲寺)

編號	測試時間	無線設備型號 無線模組編號	搭配30dBi 碟型天線	輸出功率 dBm	使用頻率 MHz	頻道寬度 MHz	運作 模式	訊號值 RSSI dBm		傳輸率 Mbps		RX頻寬 Throughput	測試結果解說	備註
No	Test Time	Model & 802.11ac RF	Ant Dish 27-30dBi	Output Power	Frequency	Channel Bandwidth	Operation Mode	TX RSSI	RX RSSI	TX Rate	RX Rate	RX Mbps	Test result explanation	Remark
1	11:57	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT40	PTP Mesh	-56	-56	400	400	209.3	1. 測試的距離參數設定為20000 (20Km) 2. 之後測試發現,若距離參數降為更精準,應會取得多20-40Mbps頻寬流量	
2	12:19	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	23dBm	5745	HT80	PTP Mesh	-55	-57	780	866	321	1. 測試的距離參數設定為20000 (20Km) 2. 無線訊號因調高頻道寬度為80MHz;天線對準度有頻偏問題 3. 因為無線射頻搭配天線產生的頻偏問題,導致傳輸率會有650~780Mbps的漂移變動現象,影響整體頻寬流量	
3	12:37	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT80	PTP Mesh	-64	-64	866	866	334.8	無線設備重新開機,無線射頻模組的最大傳輸率866Mbps,所取得的訊號值-64dBm(訊號值的呈現是依據軟體開發者,依據幾個參數定義與計算公式及修正調整,才會給出RSSI訊號值,提供使用者參考;所以,有時單一參數連線溝通不佳,可能取得不好的數據!!)	
4	12:57	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT80	PTP Mesh	-51	-51	866	866	391.1	1. 無線設備重新開機 2. 測試的距離參數由20000 (20Km),調整為15000 (15Km) 3. 利用無線設備內建的天線調校工具,調整天線主頻更精準,取得-51dBm的極佳接收訊號!!	測試時間3分鐘,若拉長為3小時,會有機會取得420Mbps頻寬流量
5	14:36	EBLL4-DAC3P RF3	27dBi	27dBm	5745	HT80	PTP Mesh	-57	-57	650	650	199.7	1. 改測試RF3外插式無線模組;測試的距離參數20000 (20Km) 2. 外插式無線模組的最大輸出功率為23dBm;相較於SOC板上無線模組的27dBm,直接少了4dBm;接收RSSI由-51dBm降為-57dBm,少6dBm 3. 接收訊號-57dBm,明顯影響傳輸率降為650Mbps;實際測試頻寬因封包重送太多量,導致頻寬流量只有199.7Mbps	
6	14:41	EBLL4-DAC3P RF3	27dBi	27dBm	5745	HT80	PTP Mesh	-57	-57	650	780	234.4	1. 無線設備重新開機	
7	15:20	EBLL4-DAC3P RF3	27dBi	27dBm	5745	HT80	PTP Mesh	-59	-59	650	650	285.7	1. 無線設備重新開機 2. 測試的距離參數由20000 (20Km),調整為15000 (15Km) 3. 距離參數調整後,無線頻寬明顯由234Mbps提升到285Mbps	
8	15:30	EBLL4-DAC3P RF3	27dBi	27dBm	5745	HT80	PTP Mesh	-59	-59	650	650	290.5	1. 測試的距離參數由15000 (15Km),調整為12000 (12Km) 2. 採用的外插式802.11ac無線模組,傳輸率腰拉最高的866Mbps,預估接收訊號值須達到-50dBm左右 3. 本身無線網卡只能輸出最大23dBm,影響整體接收訊號強度	若找到27dBm高功率外插802.11ac無線網卡,或許有機會提高傳輸率與頻寬

10. 測試報告總結

繼上次 2023/09/15 的 802.11ac (WiFi 5) 32Km 無線傳輸頻寬流量測試達到 130Mbps 以上後，就有計畫要進行 10Km 的 802.11ac 無線傳輸頻寬流量測試驗證，看看是否距離縮短後，無線接收訊號變好，整體無線傳輸頻寬流量，可否達到預估的理想值？更重要的，是否可以達到『遠距離』、『大頻寬』、『抗天候』、『高穩定』、『可營運』的專案執行維運需求？

經過 2 週的事前會勘測試點與計算參數的推估，判斷 9/27 的 10Km 遠距離無線傳輸測試驗證目標：

1. 驗證室外 WiFi 802.11ac 的點對點 10Km 無線連線訊號值，理論估算約 -56dBm + -3dBm，是否可以真正達成？

(驗證接收訊號值 -56dBm + -3dBm 是否達成: -51dBm ~ -57dBm; 確認達成!!)

2. 驗證在 -56dBm 的無線接收訊號值狀態下，是否可達到 866Mbps 穩定傳輸率？

(驗證 -56dBm 接收訊號值條件下: 可以穩定維持 866Mbps 傳輸率!!)

3. 驗證室外 WiFi 802.11ac 在 10Km 距離條件下，無線傳輸可否達到 300Mbps 以上的頻寬流量？

(驗證 10Km 無線傳輸頻寬流量可達 300Mbps 以上: 321/334/391Mbps; 確認達成!!)

但是若無線模組輸出功率由 27dBm 降低為 23dBm，總訊號值降低 8dBm，導致無線傳輸率無法拉高，無線傳輸頻寬會降低到 234/285/290Mbps；需再優化無線網卡模組或解決封包重送率過高問題!!

4. 驗證超過 300Mbps 以上的無線傳輸頻寬流量，是否具備穩定傳輸的『低振幅』與『重送封包情況』及『高傳輸鏈路成功率』？

(驗證在 350Mbps 以上的無線傳輸狀態下: 振幅小、重送封包低、傳輸鏈路成功率很高且很平均; 確認達成!!)

5. 驗證 10Km 無線傳輸頻寬流量，最高可達到多少 Mbps？

(驗證 10Km 的無線傳輸，最高頻寬流量可達: 391Mbps 以上!! 因為測試時間只有 3 分鐘，依據測試經驗，若測試時間拉長到 1 小時以上，頻寬流量有機會再增加 5~10% 左右，要突破 400Mbps 以上的無線傳輸頻寬流量，是確定可達成的!!)

依據此次 10Km 測試的無線接收 RSSI -51dBm ~ -57dBm 訊號值來推估，颱風天的『時雨量 100mm/hr』應該只會影響 2dBm ~ 3dBm 訊號強度，預估傳輸頻寬仍能維持在 350Mbps 以上穩定傳輸；即使是時雨量 200mm/hr，降低 4dBm ~ 6dBm 左右，仍能維持 650Mbps ~ 866Mbps 的傳輸率，無線傳輸頻寬流量仍能穩定於 300Mbps 左右。

上篇 32km 的測試文章分享，有網友覺得 32Km 的實際應用案例很少，此次 10Km 的測試驗證 391Mbps 頻寬流量，可以輕鬆達成『300MP 百萬像素的攝影機』、『每支 7-10Mbps 的影像流量』、『30 支左右的錄影監控系統』、『穩定可長期營運系統』…等，讓專案客戶、系統商、標案商、特殊產業應用…等，更有信心與更安心的專業導入使用。