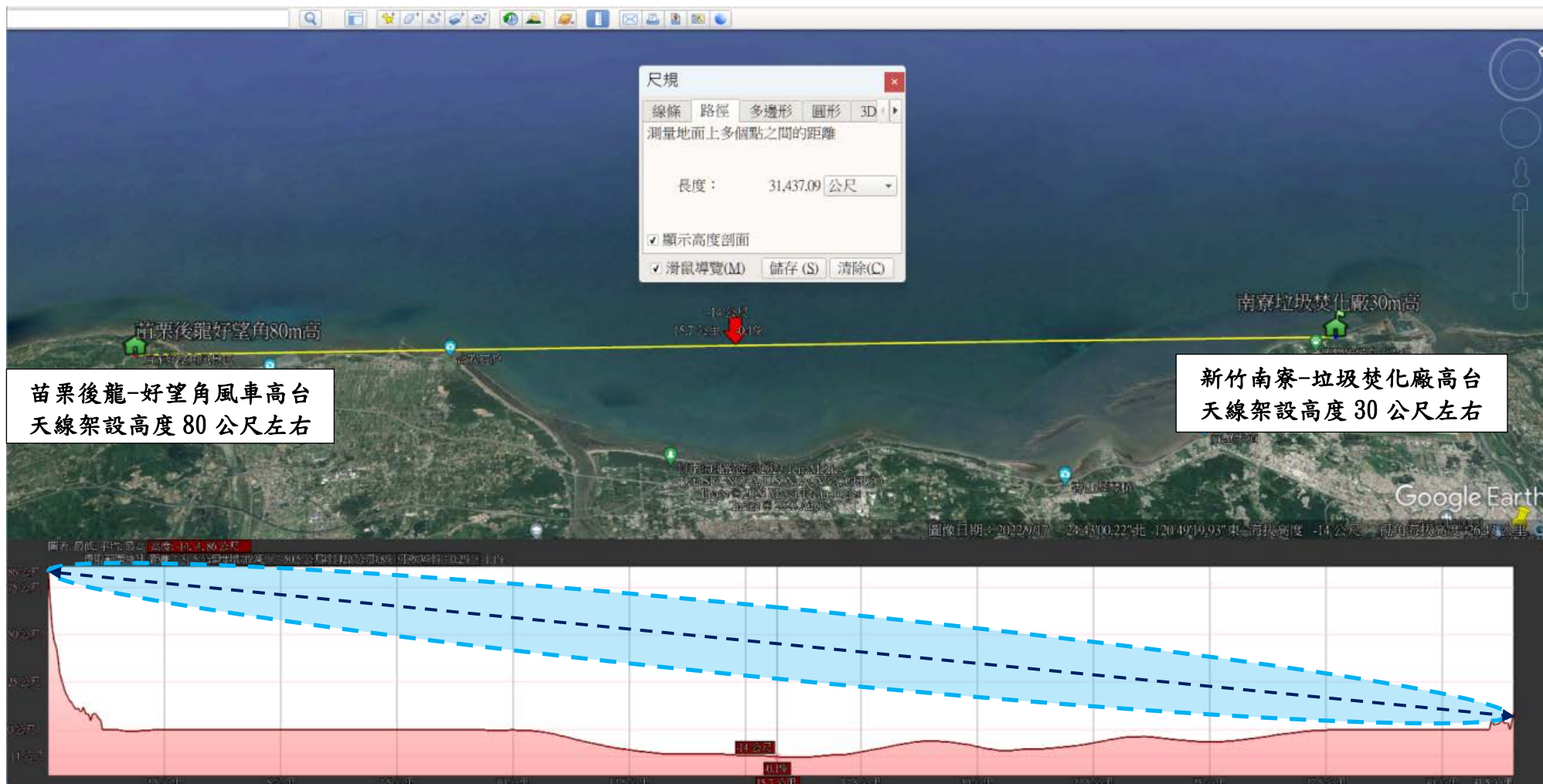


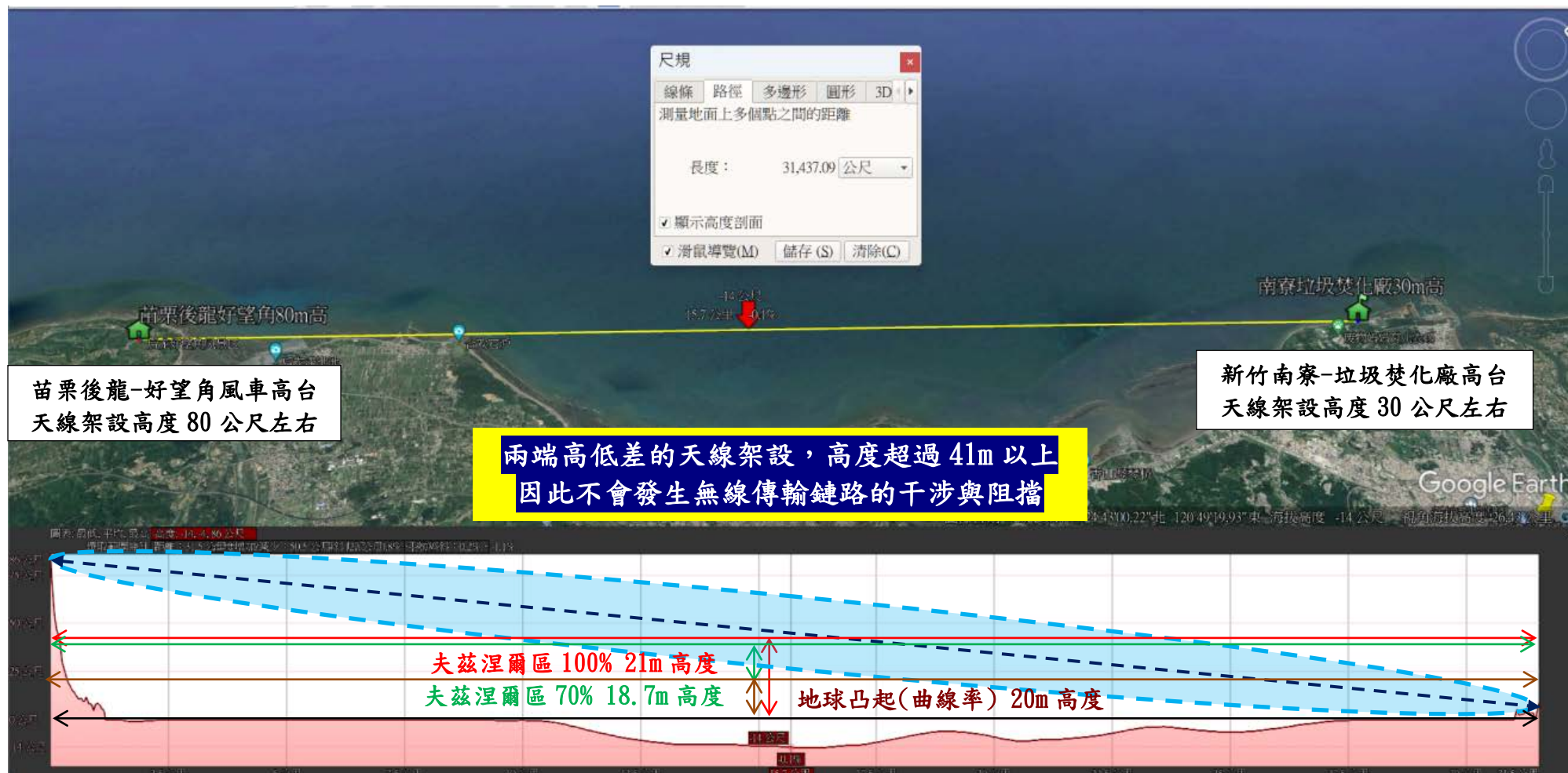
802.11ac (WiFi 5) 32Km 遠距離大頻寬無線系統傳輸測試驗證

新竹南寮垃圾焚化廠 <<- 32Km ->> 苗栗後龍好望角景點

1. 測試距離：兩點直線距離 31.43 公里



2. 兩點直線剖面圖：新竹南寮(焚化廠)— 30 公尺，苗栗後龍(好望角)— 80 公尺



無線傳輸鏈路的阻擋與干涉估算

天線架設高度干涉線：20m + 100% 21m = 41m

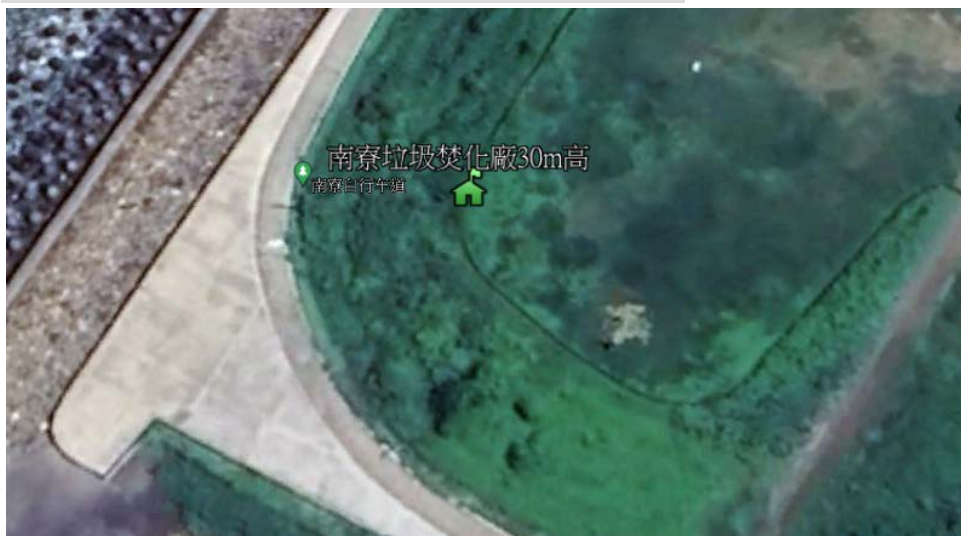
天線架設高度干涉線：20m + 70% 18.7m = 38.7m

分析說明 1: 點對點 32 公里計算 -- 夫茲涅爾區 21 米(70%-18.7 米)，地球凸起(曲線率)20 米，架設高度建議 41 米以上。

分析說明 2: 傳輸鏈路超過地球區線率高度 20 米，超過夫茲涅爾區 70% 38.7 米，貼近 100% 41 米干涉線，建議: 盡量架高。

3. 兩點架設點環境照片：

>>新竹南寮(垃圾焚化廠)草坪旁圍籬

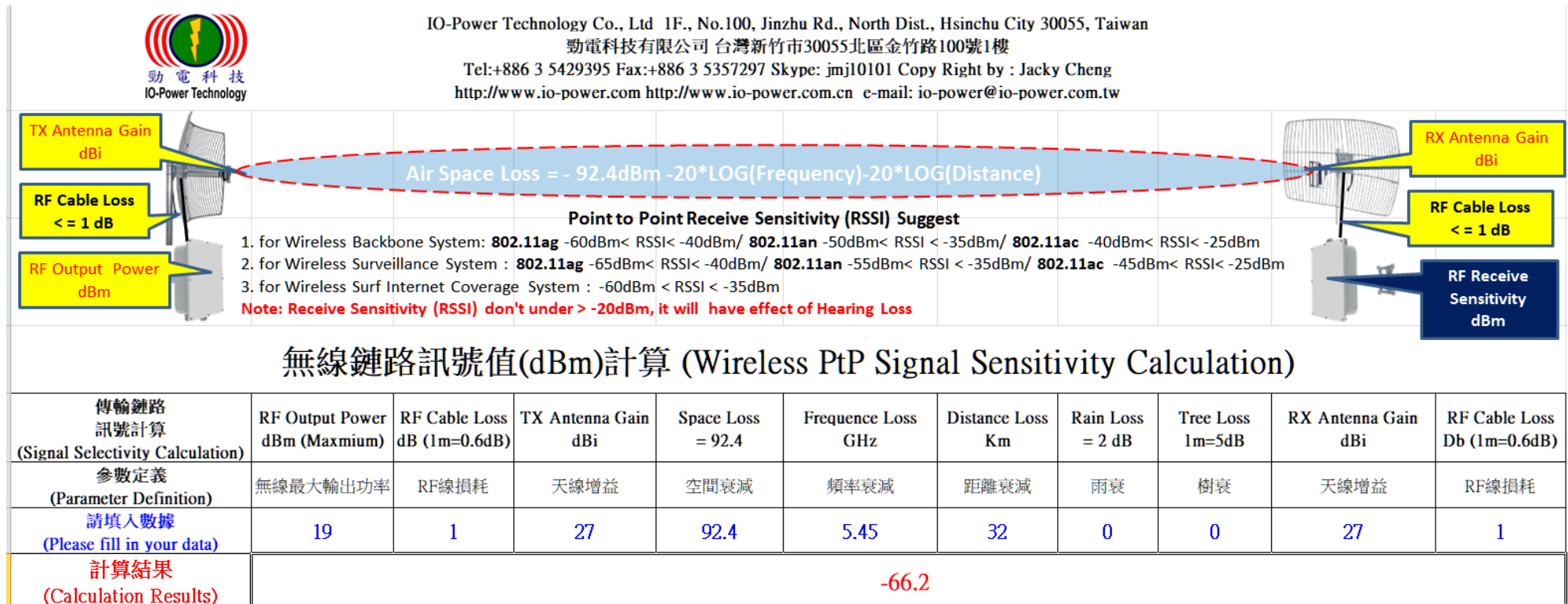


■ 兩點架設點環境照片：

>>苗栗後龍(好望角)風力發電平台公園



4. 32Km 點對點無線傳輸訊號預估



>> 802.11ac :無線射頻輸出 19dBm ➔ 32Km 無線理論接收訊號-66dBm +-3dBm /此次測試約-69 ~ -75dBm

➔ 預估 HT20MHz Data Rate 傳輸率可達到 57.8 ~ 130Mbps

預估實際頻寬流量 30 ~ 70Mbps

➔ 預估 HT40MHz Data Rate 傳輸率可達到 180 ~ 360Mbps

預估實際頻寬流量 90 ~ 200Mbps



5. EBL4-DAC3P-RF2 無線測試設備設定參數 (WiFi AP / STA Mode)

>> AP 模式

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	存取點 [AP] ▼		
操作頻率	頻道 149 [5745 Mhz] ▼	寬度 40 MHz ▼	
發射功率	27 dBm ▼		
距離[米]	35000		
天線配置	2 Tx stream, 2 Rx stream ▼		
ESSID	Test_R2		
加密[Encryption]	無加密網路 ▼		
用戶端隔離	啟用 ▼		

>> STA 模式

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	用戶端 [STA] ▼		
操作頻率	頻道 149 [5745 Mhz] ▼	寬度 40 MHz ▼	
發射功率	27 dBm ▼		
距離[米]	35000		
天線配置	2 Tx stream, 2 Rx stream ▼		
ESSID	Test_R2		
加密[Encryption]	無加密網路 ▼		

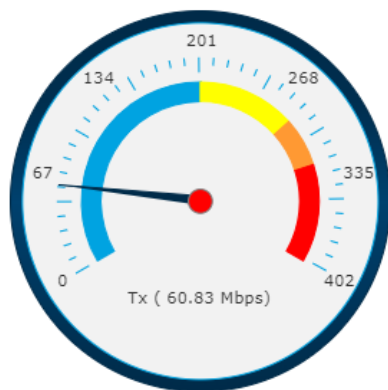


>> AP / STA 運作模式的儀錶板 (設備運作資訊)

儀錶板
設定
系統
網路
管理
工具
進階
登出

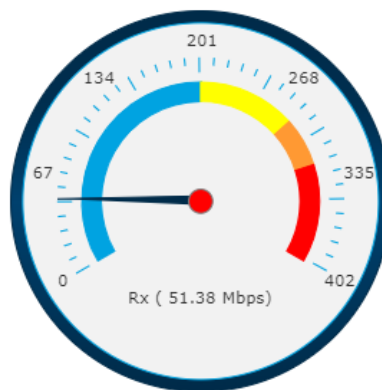
儀錶板

射頻 2 射頻 3



Channel
149 (5745 MHz)

Max Rate
400 Mbps



Noise

noise -104 dBm

Clients

1



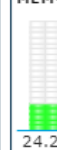
UP
LLV4(3)
0 Days 0:3:35

CPU%



19.16

MEM%



24.21

PPS



12021

MAC : 34:4F:5F:FF:11:22

IPv4 : 192.168.100.223/255.255.255.0

IPv6 : fd8f:218a:8872::1/ffff:ffff:ffff:ffff::

T/R B(Pkt): 227.10M (241309) / 342.35M (283373)

Link : 1000Mbps (full) / Not Connected

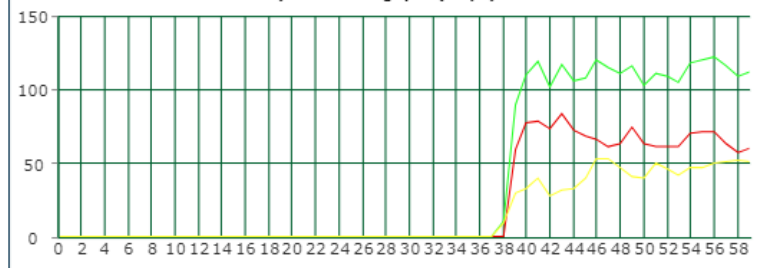
Vendor : IO-Power Technology Co., Ltd.

Product : EBL4-DAC3P

Firmware : 1.3.2

Local Time : 2022/02/18 20:32:58

System Throughput (Mbps)



連線資訊

MAC地址	訊號強度[dBm]	即時流量(T/R)[bps]	總資料量(T/R)[Bytes]	連線時間
34:4F:3F:00:00:44	-73	64.81M / 51.25M	358.73M / 240.60M	0 Hrs 2 Mins 48 Seconds



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

>>>> 全域設定

	全域	射頻 1	射頻 2	射頻 3
儀錶板設定	IPv4位址	192.168.100.123		
系統網路	IPv4網路遮罩	255.255.255.0		
管理	IPv4閘道			
工具	IPv4 廣播			
進階	IPv4 DNS	+		
登出	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

	全域	射頻 1	射頻 2	射頻 3
儀錶板設定	射頻運行模式	PtPMesh		
系統網路	操作頻率	頻率(MHz)	寬度	
管理	發射功率	5745	40 MHz	
工具	距離[米]	35000		
進階	天線配置	2 Tx stream, 2 Rx stream		
登出	連線 ID	Test_R2		
	加密(Encryption)	停用		
	額外費用	0		

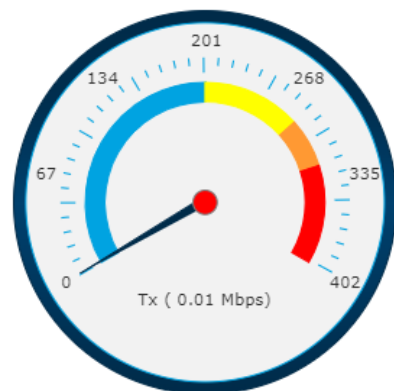


>> PTP MESH 運作模式的儀錶板 (設備運作資訊)

儀錶板
設定
管理
工具
進階
登出

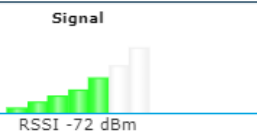
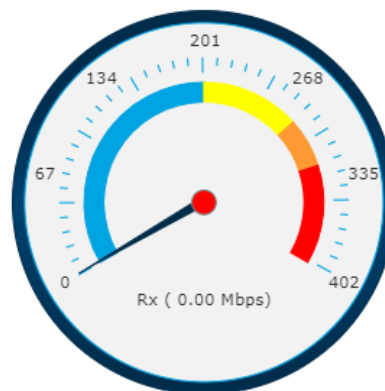
儀錶板

射頻 2 射頻 3



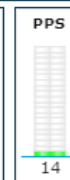
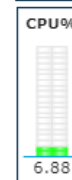
Channel
149 (5745 MHz)

Tx Rate
270.0 Mbps

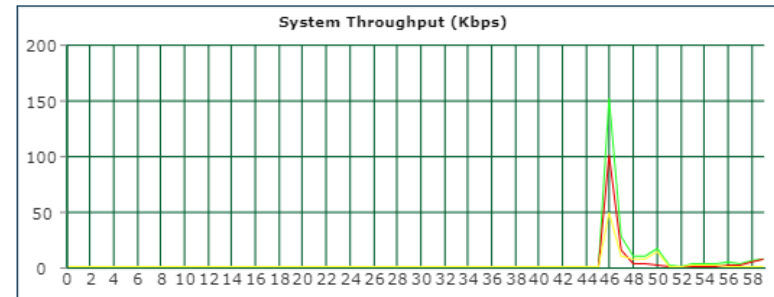


Rx Rate
270.0 Mbps

UP
LLV4{3}
0 Days 0:0:48



MAC : 34:4F:5F:FF:11:22
IPv4 : 192.168.100.223/255.255.255.0
IPv6 : fd8f:218a:8872::1/ffff:ffff:ffff:ffff::
T/R B(Pkt): 1.29M (853) / 94.86K (810)
Link : 1000Mbps (full) / Not Connected
Vendor : IO-Power Technology Co., Ltd.
Product : EBLL4-DAC3P
Firmware : 1.3.2
Local Time : 2022/02/18 20:30:09



介面狀態

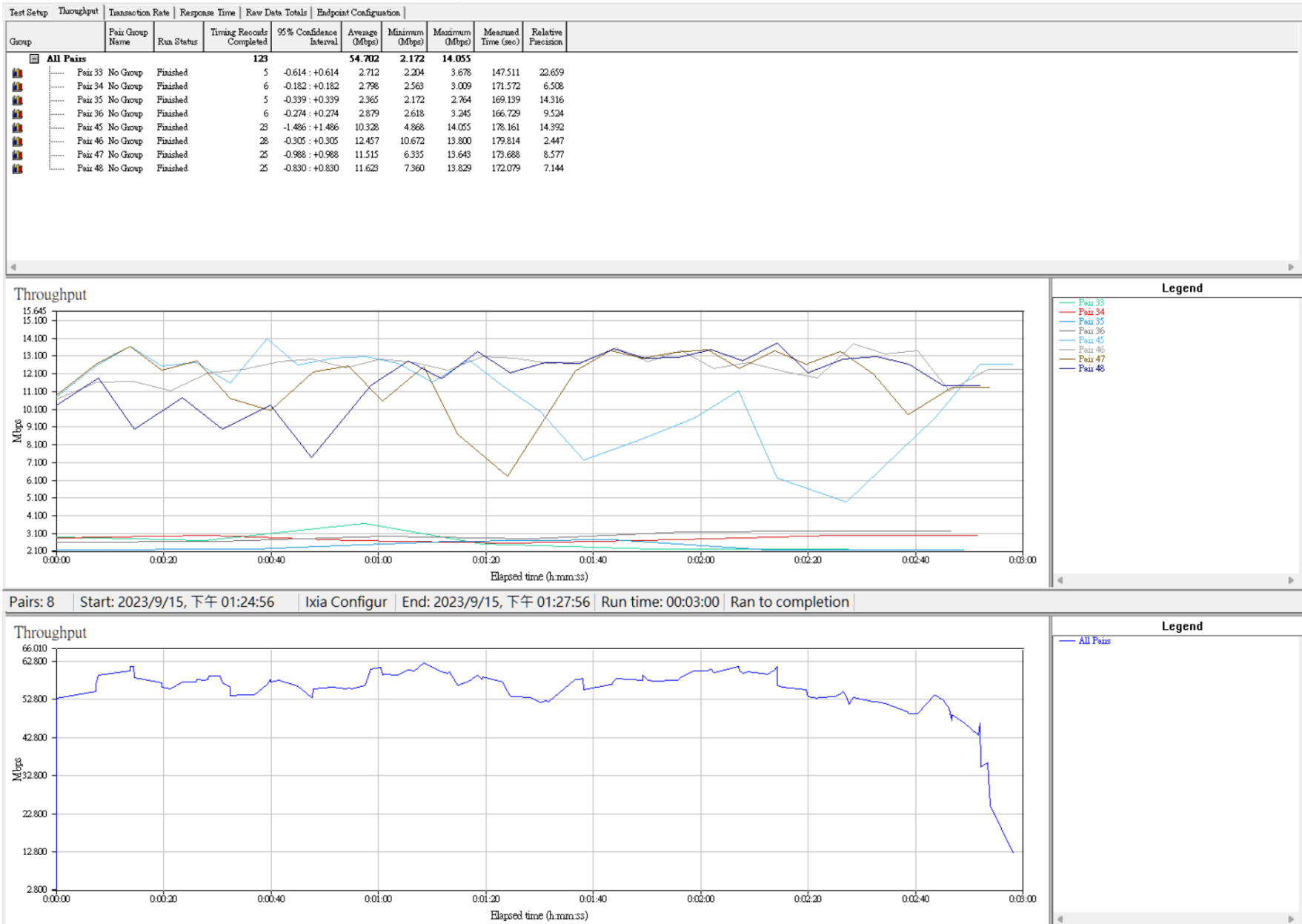
節點資訊	乙太 1	乙太 2	射頻 1	射頻 2	射頻 3
Root{Master}	Forward	Down	Not available	Forward	Forward

7. 測試設備清單與架設軟硬體條件：

編號	設備名稱	測試點 01 新竹南寮(垃圾焚化廠)	測試點 02 苗栗後龍(好望角)	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)	192.168.100.113 / 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:-66dBm +- 3dBm
9	架設高度(天線)/海平面	2 米 / 30 米	2 米 / 80 米	測試點 1 略低於天線架設 高度 38.6m 要求
10	測試天候	晴天	晴天	10:30 ~ 15:30

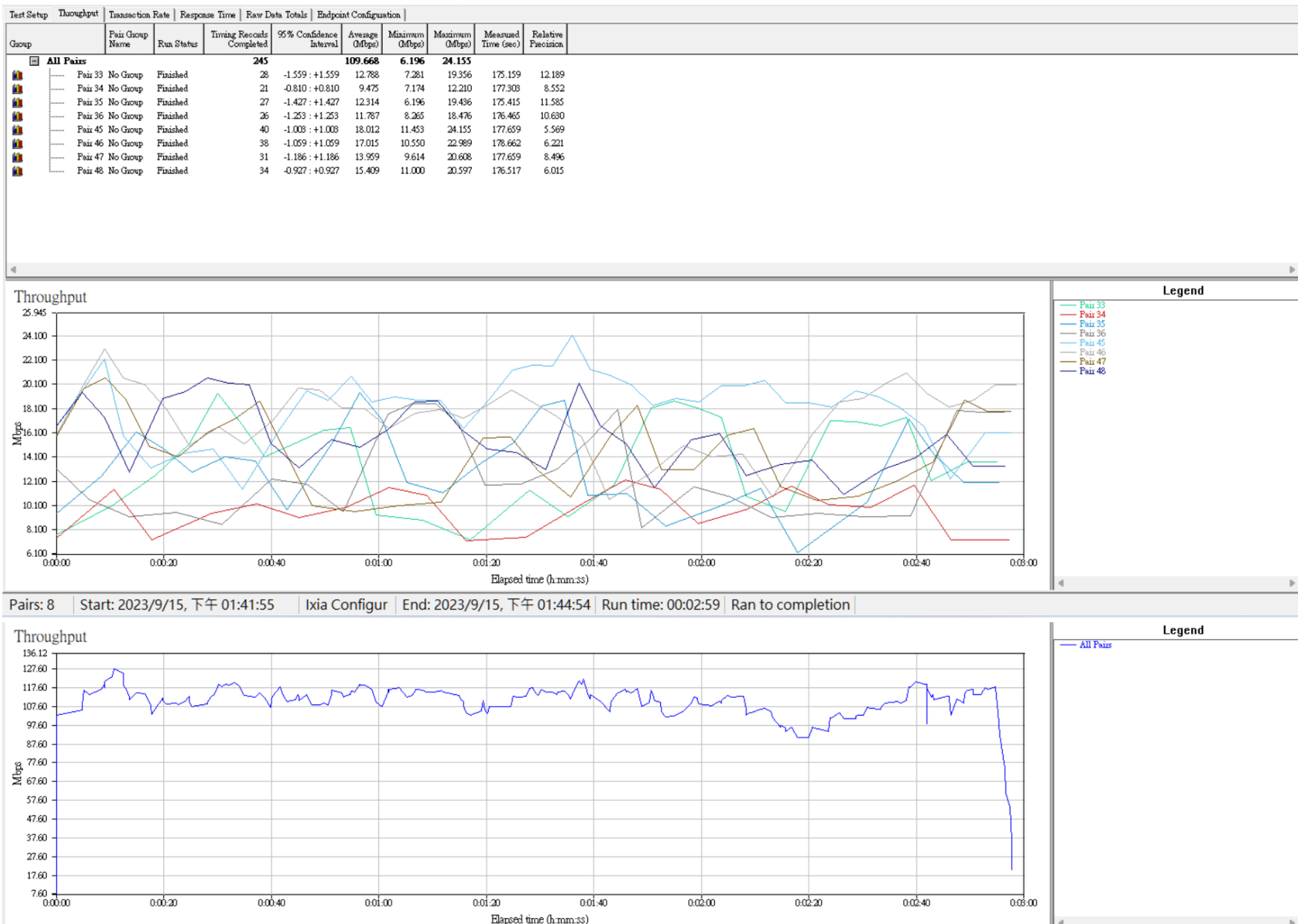


8. AP/STA 模式/距離 32Km/頻道寬度:HT20MHz/無線頻率:5745MHz/雙向測試 3 分鐘:54.7Mbps



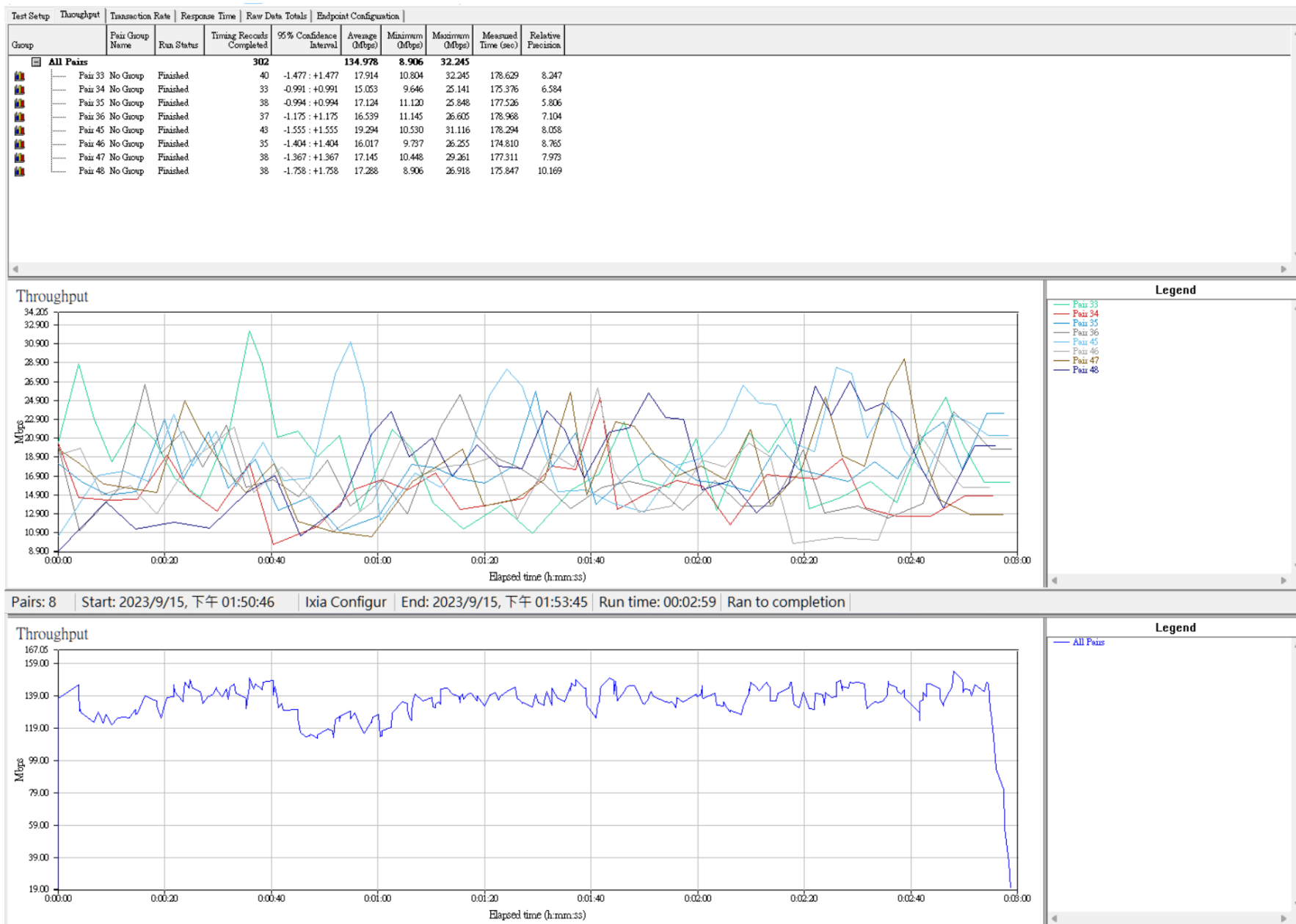


9. AP/STA 模式/距離 32Km/頻道寬度:HT40MHz/無線頻率:5745MHz/雙向測試 3 分鐘:109.6Mbps





10. PTP MESH 模式/距離 32Km/頻道寬度:HT40MHz/無線頻率:5745MHz/雙向測試 3 分鐘:134.9Mbps

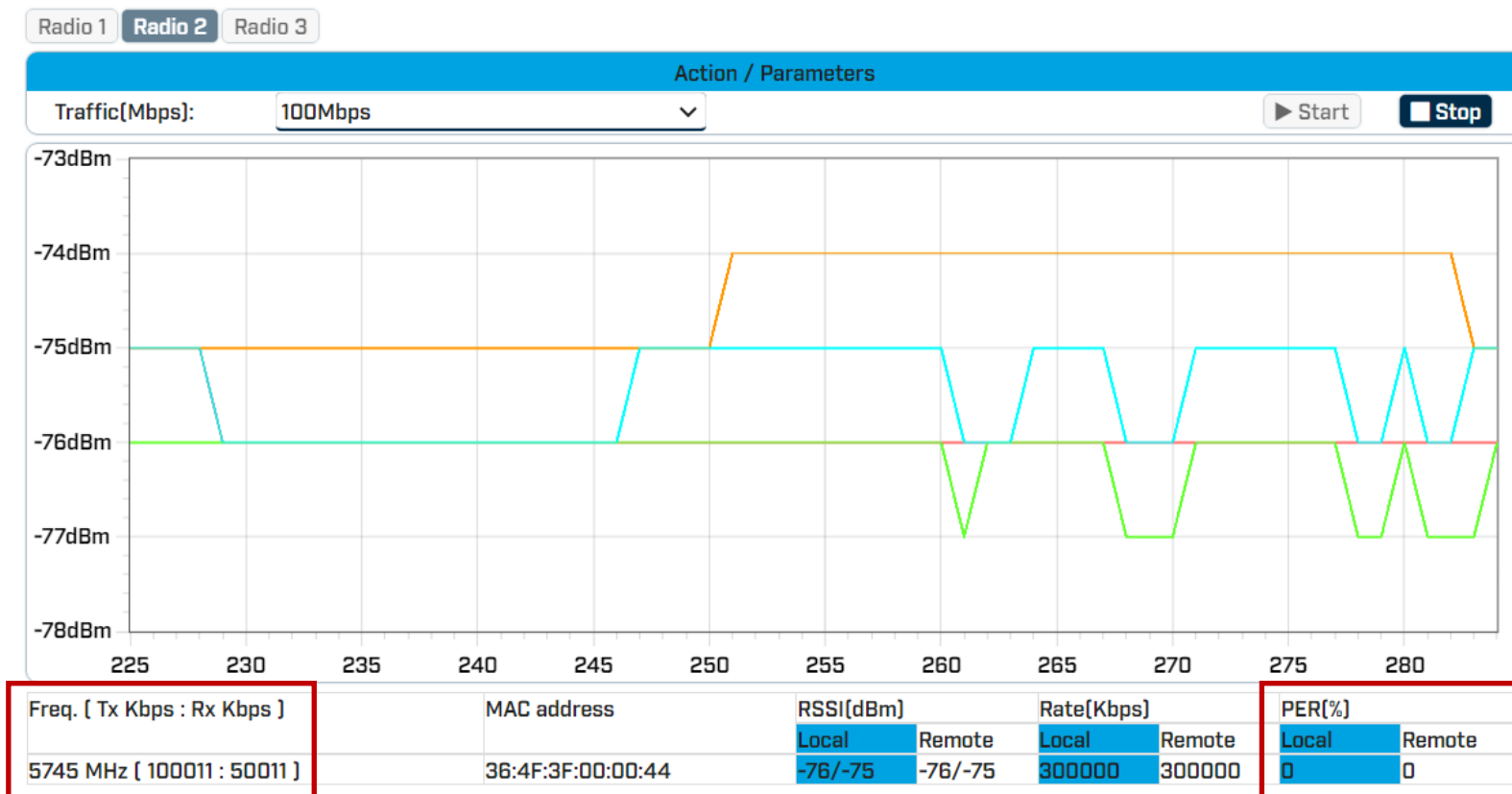


11. PTP MESH 模式/距離 32Km/頻道寬度:HT40MHz/無線頻率:5745MHz/天線調校工具:150Mbps

>>>>> 雙向傳輸 :TX 100Mbps + RX 50Mbps =150Mbps / 掉包率: Local 0% / Remote 0%



儀錶板
 設定
 管理
 工具
 TCPIP
 頻率掃描
 訊號強度計算器
 Fresnel Zone
 天線調校工具
 進階
 登出

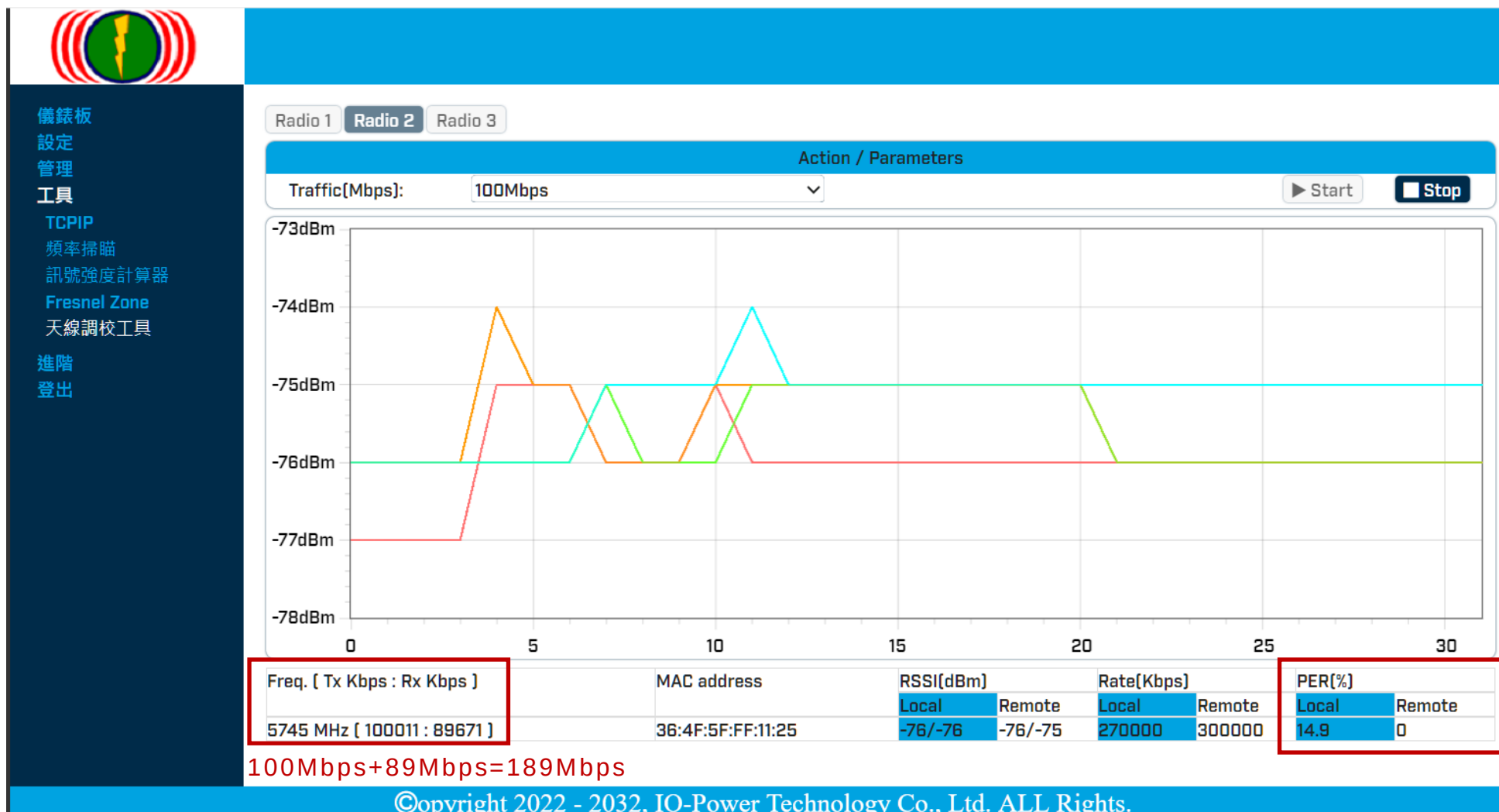


100Mbps+50Mbps=150Mbps



12. PTP MESH 模式/距離 32Km/頻道寬度:HT40MHz/無線頻率:5745MHz/天線調校工具:189Mbps

>>>>> 雙向傳輸 :TX 100Mbps + RX 100Mbps =189Mbps / 掉包率: Local 14.9% / Remote 0%





13. 20230915 32Km 遠距離大頻寬無線傳輸測試報告紀錄表 (新竹南寮 <<- 32Km ->> 苗栗後龍)

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		雙向頻寬 Throughput	TX頻寬 Throughput	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	TX/RX Mbps	TX Mbps	RX Mbps	Test result explanation	Remark
1	13:05	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	23dBm	5220	HT20	AP/STA	-75	-78	86.7	86.7	32.26			1. 5220MHz只能輸出功率23dBm 2. 5745MHz ~ 5825MHz 輸出功率可提高到27dBm	
2	13:10	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	23dBm	5220	HT20	AP/STA	-75	-77	57.8	86.7	25.98	24	31.7	1. 5220MHz只能輸出功率23dBm 2. 5745MHz ~ 5825MHz 輸出功率可提高到27dBm 3. 好望角的接收頻寬較佳;垃圾焚化廠天線架設高度不足	
3	13:29	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT20	AP/STA	-70	-70	130	130	54.7	42.13	60.98	1. 5745MHz可輸出功率27dBm 2. 5745MHz頻率效果較佳 3. 好望角接收端可單向60Mbps頻寬	
4	13:46	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT40	AP/STA	-69	-73	240	240	109.66	121	134.9	1. 嘗試採40MHz頻道的寬度測試連線 2. 訊號值-69dBm, 距離理論計算的-66dBm + 3dBm訊號值, 相當接近 (滿載測試頻寬時, 訊號降為-74dBm)	超過100Mbps 頻寬流量, 具營運價值
5	14:09	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT40	PTP Mesh	-72	-72	270	270	106	113.64	130.22	1. 訊號值達到升高到270Mbps傳輸率 2. 雖然傳輸率270Mbps, 但實際傳輸後頻寬流量仍然為106-130Mbps左右	
6	14:27	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT40	PTP Mesh	-72	-72	270	300	113.1			1. 現場32Km環境有所變化(高溫與上升氣流)	
7	14:34	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT40	PTP Mesh	-72	-72	300	300	124.6			1. 雙向頻寬提升到124.6Mbps, 單向頻寬有機會提高到150Mbps左右 2. 測試時間3分鐘, 若拉長為60分鐘, 雙向頻寬會增加10-12%左右, 營運頻寬約136-140Mbps左右。	具備實際專案系統的長期營運價值
8	14:37	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT40	PTP Mesh	-72	-72	270	300	100			1. 採無線設備內建的天線調校工具測試頻寬與掉包率 2. TX-50Mbps+RX-50Mbps=100Mbps測試 3. 包含封包標頭, 總頻寬可達100Mbps @ 0%掉包率	
9	14:39	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT40	PTP Mesh	-72	-72	300	300	150			1. 採無線設備內建的天線調校工具測試頻寬與掉包率 2. TX-50Mbps+RX-100Mbps=150Mbps測試 3. 包含封包標頭, 總頻寬可達150Mbps @ 0%掉包率	
10	14:40	EBLL4-DAC3P RF2	27dBi	27dBm	5745	HT40	PTP Mesh	-72	-72	270	300	189			1. 採無線設備內建的天線調校工具測試頻寬與掉包率 2. TX-100Mbps+RX-100Mbps=200Mbps測試 3. 包含封包標頭, 總頻寬可達189Mbps @ 14.9%掉包率/0%掉包率 (滿載測試頻寬時, 訊號降為-76dBm)	提高天線對準度, 有機會提升一階傳輸率

14. 測試報告總結

從新的 802.11ac(WiFi 5)無線技術推出之後，一直感到很奇怪--『為什麼遲遲沒看到，室外超過 10Km 的測試驗證報告?』、『為什麼貼出的都是 5Km 以內的測試驗證報告?』、『為什麼台灣所有無線傳輸標案，都不敢保證 802.11ac 的傳輸頻寬?』。

許許多多的疑問在心中盤旋，找過幾次國內外 802.11ac(WiFi 5)的室外測試驗證報告，最終還是沒找到任何佐證報告，因此，開始懷疑 802.11ac 的新無線技術，室外傳輸應用時，存在**不可突破的限制**：『**傳輸遠距離無法超過 10Km 以上**』、『**遠距離傳輸頻寬無法超過 100Mbps 以上**』…等！！

8/27 日進行『新竹南寮』與『苗栗後龍』的第一次 30Km 的 802.11ac 無線傳輸測試驗證，因為南寮端架設位置高度只有 8 米高，加上相關無線遠距離軟體及計算參數…等未完備等問題，測試了一整天，只取得 30Km 的連線訊號可達 -72dBm 左右，但無法成功建立起無線互相連線成功與進一步測試無線傳輸頻寬數據，開始懷疑上列的現象可能真的存在。

經過 20 天左右的技術討論與無線軟體修改及計算參數的推估，判斷 9/15 的 32Km 遠距離無線傳輸測試驗證目標：

1. 驗證室外 WiFi 802.11ac 可傳輸 32Km 以上（事前評估理論計算，預估只能達 26Km 極限!!）
2. 若能取得『無線連線成功』，預估『傳輸頻寬流量 30-60Mbps』就算是非常成功的測試結果!!
3. 若能穩定維持『50Mbps 以上頻寬流量』，就可正式確認，802.11ac 無線傳輸，具備長期穩定維運的無線傳輸系統。
4. 從點對點無線傳輸的接收訊號強度 RSSI 訊號值，推估有機會將『可營運』的無線傳輸距離，推升到更遠的傳輸距離!!

幸運的，9/15 日進行『新竹南寮』與『苗栗後龍』的第二次 32Km 的 802.11ac 無線傳輸測試驗證，在新的軟體功能與新的參數調整及天線架設高度提高…等的多重修正下，取得了上列的驗證目標成功達成!!

從點對點無線傳輸的接收訊號強度 RSSI 訊號值 -69dBm ~ -73dBm 推估：

1. 室外 WiFi 802.11ac 可傳輸距離有機會達到 40Km；至於超過 40Km 以上的可能性，還涉及其他 IC 射頻晶片的參數限制，實在不易達成，且架設地點也十分難找到與可配合!!
2. 無線接收訊號強度 RSSI 訊號值 -69dBm ~ -73dBm，推估颱風天『時雨量 100mm/hr』仍能達到 -72dBm ~ -76dBm 訊號強度，應該還可穩定提供 50Mbps 以上的傳輸頻寬（推估時雨量 200mm/hr，-75dBm ~ -80dBm，約 30-50Mbps 的傳輸頻寬）。

此次 802.11ac(WiFi 5)的 32Km 遠距離無線傳輸測試結果，遠遠超過我們測試前的許多預估；我們完全被測試數據驚艷到，從 HT20 達到 32Mbps 頻寬流量，之後提升到 60Mbps 左右，吃下定心丸；改用 HT40 的 40MHz 頻道寬度測試，一舉突破 100Mbps 以上的頻寬流量，當場大家都驚呼不已!! 真的，台灣的無線傳輸技術，還是可以出國比賽的!!