

無人機遠距離飛控 + 無線高速移動遠距離訊號覆蓋建議

■ 10Km 的天線搭配建議 1: <採用 5GHz 18~20dBi 雙極化天線>

>> OBU 移動端--雙頻全向天線--採用 5GHz 5~7dBi 單極化天線(或無人機專用天線)

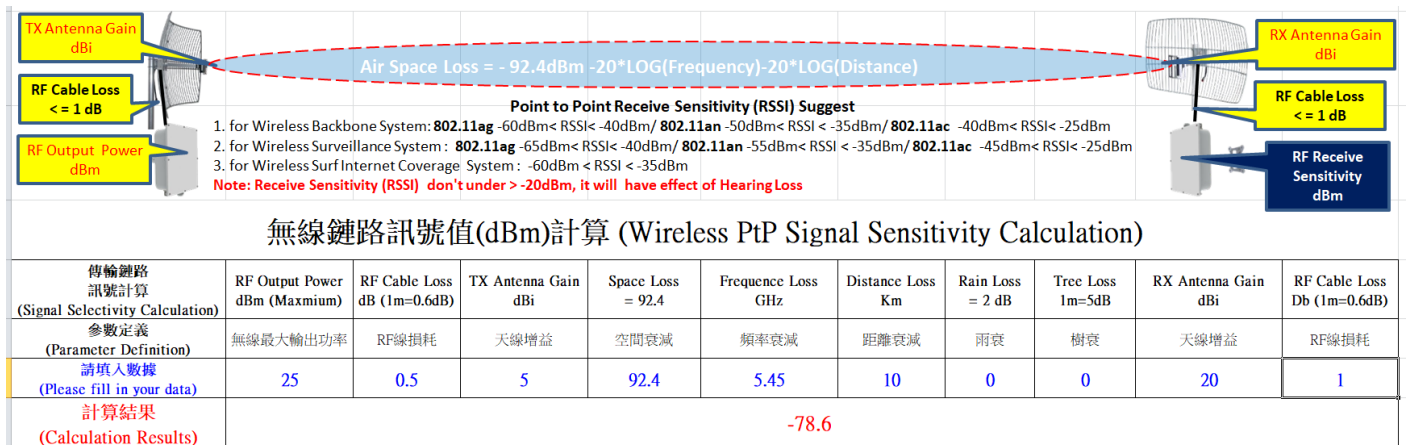
>> RSU 覆蓋端--單頻指向天線--採用 5GHz 18~20dBi 雙極化天線

>> 10Km 計算如下: @無線連線訊號強度 -78.6dBm +- 3dBm

>> 推估:傳輸率 130 ~ 390Mbps @ HT80MHz / 頻寬 65 ~ 200Mbps

傳輸率 60 ~ 120Mbps @ HT40MHz / 頻寬 30 ~ 70Mbps

傳輸率 28.9 ~ 57.8Mbps @ HT20MHz / 頻寬 20 ~ 42Mbps



■ 10Km 的天線搭配建議 2: <採用 5GHz 23dBi 雙極化天線>

>> OBU 移動端--雙頻全向天線--採用 5GHz 5~7dBi 單極化天線(或無人機專用天線)

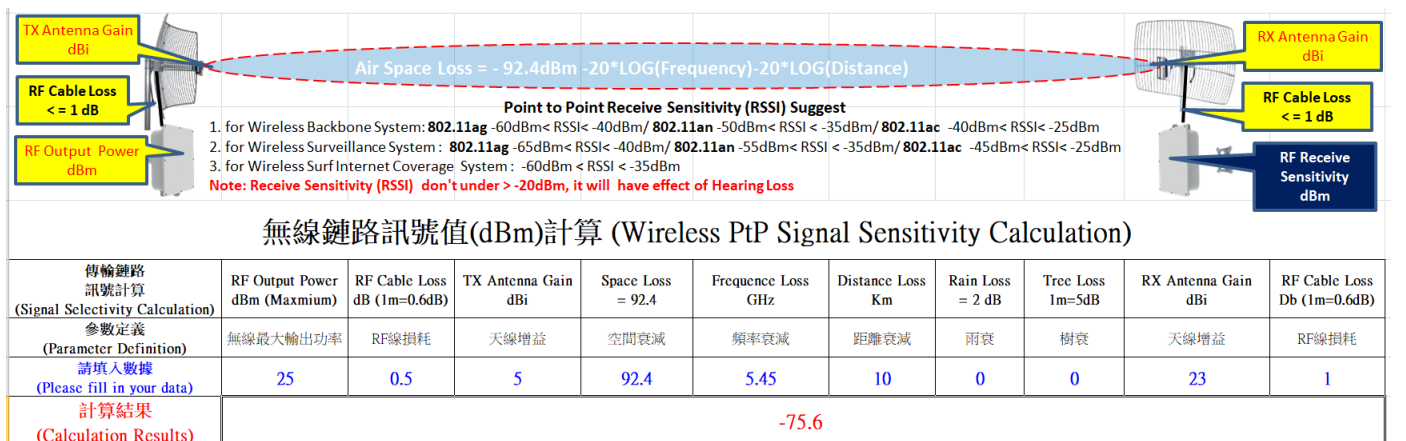
>> RSU 覆蓋端--單頻指向天線--採用 5GHz 23dBi 雙極化天線

>> 10Km 計算如下: @無線連線訊號強度 -75.6dBm +- 3dBm

>> 推估:傳輸率 390 ~ 468Mbps @ HT80MHz / 頻寬 184 ~ 260Mbps

傳輸率 120 ~ 240Mbps @ HT40MHz / 頻寬 70 ~ 150Mbps

傳輸率 57.8 ~ 115Mbps @ HT20MHz / 頻寬 42 ~ 60Mbps



可參考『2023/09/27 的 10Km 點對點無線傳輸_391Mbps 測試報告』分享文:

<https://www.facebook.com/groups/2761919630564050/permalink/6875988402490465/>

■ 15Km 的天線搭配建議 1: <採用 5GHz 18~20dBi 雙極化天線>

>> OBU 移動端--雙頻全向天線--採用 5GHz 5~7dBi 單極化天線(或無人機專用天線)

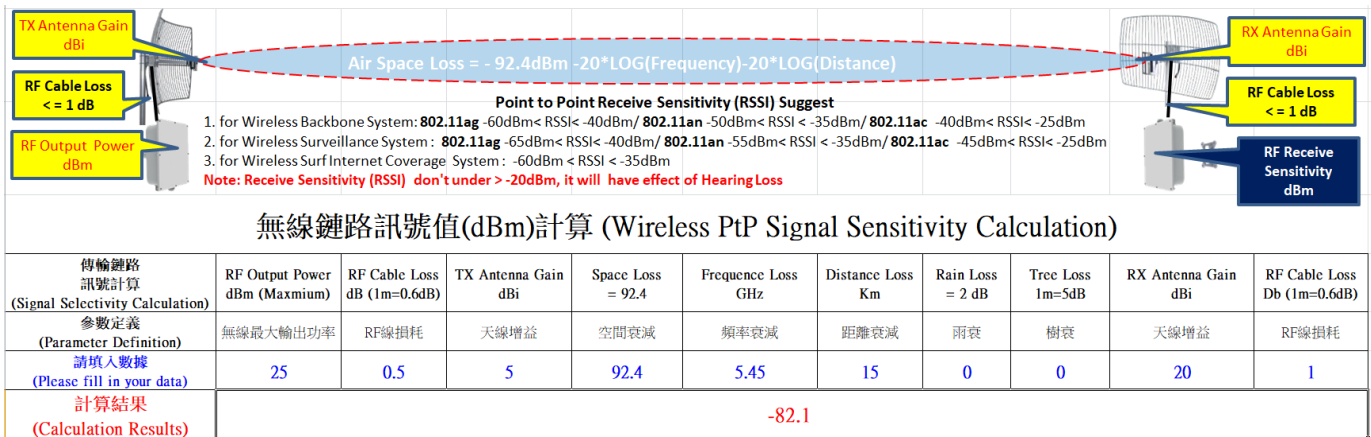
>> RSU 覆蓋端--單頻指向天線--採用 5GHz 18~20dBi 雙極化天線

>> 15Km 計算如下: @無線連線訊號強度 -82.1dBm +- 3dBm

>> 推估:傳輸率 65 ~ 195Mbps @ HT80MHz / 頻寬 40 ~ 100Mbps

傳輸率 60 ~ 120Mbps @ HT40MHz / 頻寬 30 ~ 70Mbps

傳輸率 28.9 ~ 57.8Mbps @ HT20MHz / 頻寬 20 ~ 30Mbps



■ 15Km 的天線搭配建議 2: <採用 5GHz 23dBi 雙極化天線>

>> OBU 移動端--雙頻全向天線--採用 5GHz 5~7dBi 單極化天線(或無人機專用天線)

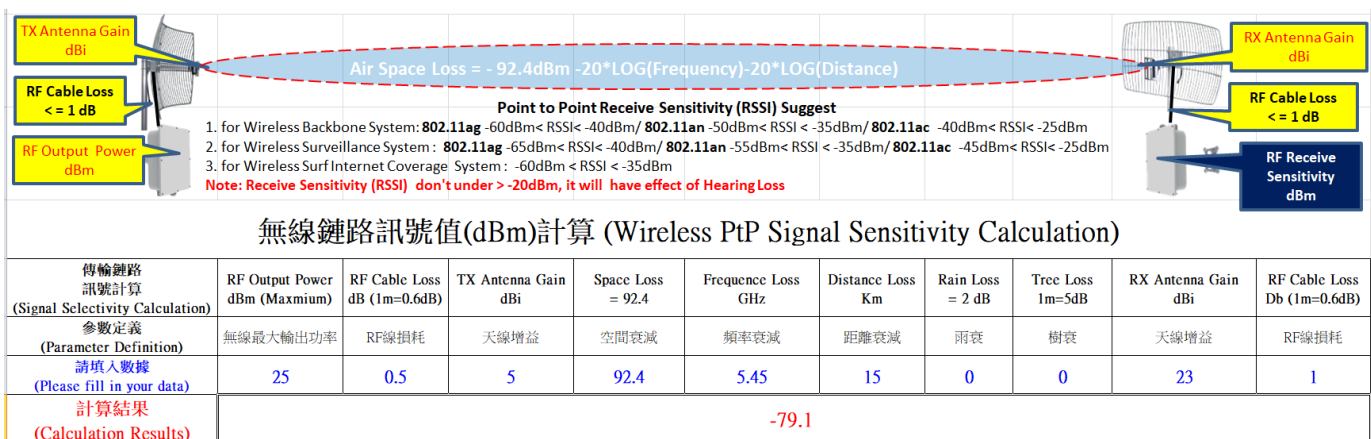
>> RSU 覆蓋端--單頻指向天線--採用 5GHz 23dBi 雙極化天線

>> 15Km 計算如下: @無線連線訊號強度 -79.1dBm +- 3dBm

>> 推估:傳輸率 130 ~ 390Mbps @ HT80MHz / 頻寬 65 ~ 184Mbps

傳輸率 90 ~ 120Mbps @ HT40MHz / 頻寬 50 ~ 80Mbps

傳輸率 28.9 ~ 57.8Mbps @ HT20MHz / 頻寬 20 ~ 30Mbps



■ 20Km 的天線搭配建議: <採用 5GHz 31dBi 雙極化碟型天線>

>> OBU 移動端--雙頻全向天線--採用 5GHz 5~7dBi 單極化天線(或無人機專用天線)

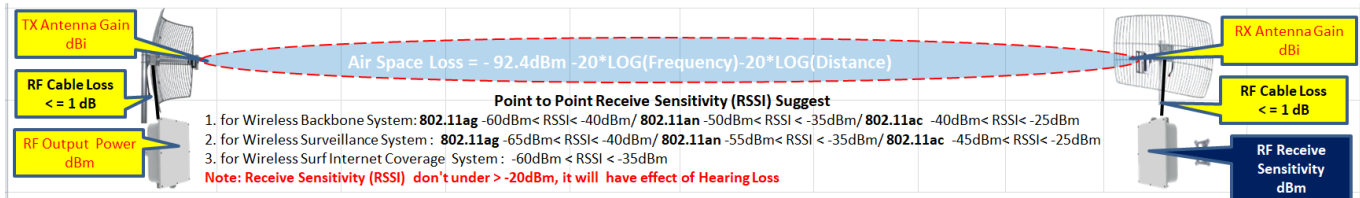
>> RSU 覆蓋端--單頻指向天線--採用 5GHz 31dBi 雙極化碟型天線

>> 20Km 計算如下: @無線連線訊號強度 -73.6dBm +- 3dBm

>> 推估:傳輸率 390 ~ 468Mbps @ HT80MHz / 頻寬 200 ~ 300Mbps

傳輸率 180 ~ 360Mbps @ HT40MHz / 頻寬 100 ~ 200Mbps

傳輸率 85 ~ 144Mbps @ HT20MHz / 頻寬 50 ~ 80Mbps



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	Frequency 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)	25	0.5	5	92.4	5.45	20	0	0	31	1
計算結果 (Calculation Results)	-73.6									

■ 30Km 的天線搭配建議: <採用 5GHz 31dBi 雙極化碟型天線>

>> OBU 移動端--雙頻全向天線--採用 5GHz 5~7dBi 單極化天線(或無人機專用天線)

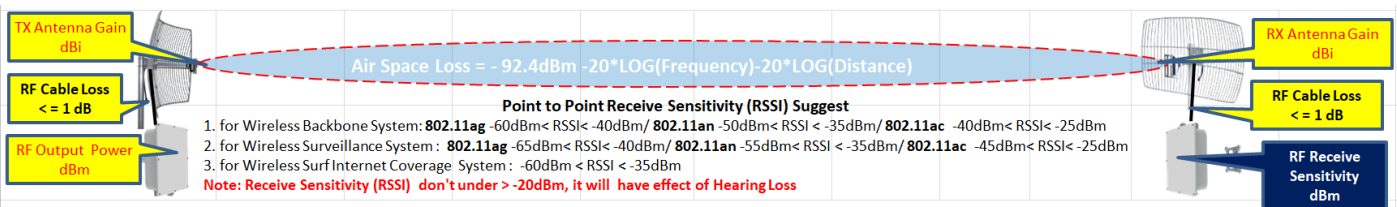
>> RSU 覆蓋端--單頻指向天線--採用 5GHz 31dBi 雙極化碟型天線

>> 30Km 計算如下: @無線連線訊號強度 -77.2dBm +- 3dBm

>> 推估:傳輸率 195 ~ 390Mbps @ HT80MHz / 頻寬 100 ~ 200Mbps

傳輸率 120 ~ 240Mbps @ HT40MHz / 頻寬 60 ~ 120Mbps

傳輸率 57.8 ~ 115Mbps @ HT20MHz / 頻寬 30 ~ 70Mbps



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	Frequency 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)	25	0.5	5	92.4	5.45	30	0	0	31	1
計算結果 (Calculation Results)	-77.2									

可參考『2023/09/15 的 32Km 點對點無線傳輸_134.9Mbps 測試報告』分享文:

<https://www.facebook.com/groups/2761919630564050/permalink/6819891174766855/>

後記

無人機要飛的好，要飛的穩，要飛的遠，要影像傳輸量大，要群飛好飛控，要執行忠誠僚機的操控運行，再再都不能脫離無線連線通訊的技術，如何解決無線通訊所面臨的問題？

從無線鏈路計算的公式，就可找到大部分的解決辦法，下面簡單羅列主要項目：

1. **無線射頻輸出功率端**：輸出功率越大，原則可以打得更遠，但要輸出功率大，除了射頻晶片廠商的技術能耐，還有晶片模組上的放大器技術；坊間的外加放大器，要慎用!! 雜訊過度放大與濾波處理不好，得到的是反效果，或是加速無線射頻模組的壽命縮減。
2. **天線增益(放大無線訊號)**：天線增益相對於電力模式的放大器強迫放大，效果會好非常多!! 但天線有其物理特性，無法隨心加大天線的增益，增加 3dBi 都是很難的技術!!
3. **特製專用天線**：天線既然這麼種要，所以無人機應該要在天線上著墨更多，其改善無線連線品質的效益會更明顯，只是天線是一門看似簡單，但其實天線技術難度是甚高的產業，要做好無人機專用的天線，都需有特殊領域的設計技術與創意，甚難!!
4. **無線頻率特性**：頻率是另一個可以選擇的重要選項，但因為支援無人機專用的無線射頻晶片不多，需求數量遲遲拉不到市場投資回收規模或甚至是獲利規模，所以投入的產業公司甚少（除了軍功體系），未來隨著無人機與無人的機械產業的蓬勃發展，相信這些軍用客製化的晶片，有機會慢慢釋出到民用體系來發展。
5. **不同的頻率與頻道寬度及傳輸技術**：每種無線頻率的波長，各具備其無線傳輸的特性，搭配不同的頻道寬度與不同的無線調頻及傳輸技術，才能適時的綜合發揮無線應用的特性；在無人機的無線通訊方面，可以預期的，這方面的嘗試與研發，會越來越被看重，只是，這方面的人才原本就不多，培養過程又極其不易，涉及的技術面向學科甚多，都是硬骨頭，要耐心的啃與實驗環境的配合及人才受重視，真的不容易。
6. **創意的技術**：創意才是技術戰場的決勝根本，台積電與 ASML 的創意整合，才能產出超越與阻擋競爭者的門檻優勢，台積電的研發工程師，一步步累積的創意技術，才是最終戰勝三星與 Intel 的根基；所以，最近貼出很多技術分享文，其中一個目的，就是讓有心者，看到不同創意技術的眼界，雖然受限於台灣民航法規的種種限制，但飛得更遠、飛得更高、飛得更多、飛得更穩、飛得更寬…等，是不變的研發創意宗旨，總有一天，會有其全球市場與各產業面向的應用價值，這是我們自我的期許!!

留個伏筆!! 可以飛得更遠、飛得更穩、傳回更大頻寬喔!!

