

Design challenge of phased array antenna for LEO application

5G



rapidtek®

Dr. Alex Chou

Rapidtek Technologies Inc.

THINK FUTURE
ACT NOW



Outlines

[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

[C] case study for Starlink UT v2

[D] design challenge of phased array antenna for LEO

[E] Q&A

Outlines

[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

[C] case study for Starlink UT v2

[D] design challenge of phased array antenna for LEO

[E] Q&A

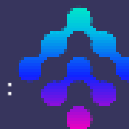


Introduction

Rapidtek since 2006/12
(OVER 15 YEARS OF EXCELLENCE)



- ✓ **Employees - 70, R&D 25, PhD 3 (est 90 by end of 2022)**
- ✓ **Location - New Taipei City, Taiwan**
- ✓ **Partnership - USA / Malaysia/ Israel / Vietnam**
- Antenna array product and measurement system development ready for production in 2021
- Join the Satellite Taiwan Team and O-RAN Alliance in 2020, applying to join OPEN RF.
- 186 km of RF cable delivered in 2020
- World's first 5G FR2 NB online test system



台灣低軌衛星產業聯誼會
TAIWAN LEO SATELLITE INDUSTRY ALLIANCE





Introduction



[B] Advanced RF RD Center (ARRC) 先進射頻研發中心

5G-NR FR1&FR2 Products Design
Satellite Communication Products Design
Other Customized Design



[A] RF Test Solution 射頻測試方案

DC to 110GHz Application
RF UP/Down Converter (WiFi6E, Ka, Ku)
Shielding Box, Switch Matrix, Accessories
etc.

[C] Automation 智動化

Servo Motor
Controller
Switch/Relay





Introduction

2022 DC Sat-show



Outlines

[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

[C] case study for Starlink UT v2

[D] design challenge of phased array antenna for LEO

[E] Q&A

全球通訊衛星現況

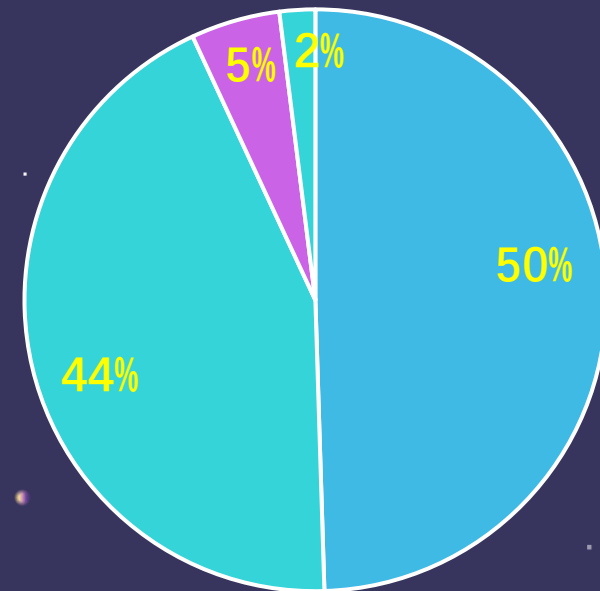


預估全球衛星市場規模將於2022年成長達約5,500億美元，2027年，將持續成長達8,200億美元左右。

另根據美國衛星產業協會(SIA)的資料，2020年全球衛星產業規模達2,710億美元，地面接收設備、衛星服務占比分別為50%(1,363億USD)及44%(1,178億USD)，衛星製造、衛星發射服務占比則僅占5%及2%。

麥肯錫報告預估到2025年，全球衛星物聯網產值將達到5,600億美元到5,800億美元。

2019衛星產業規模



■地面設備 ■衛星服務 ■衛星製造 ■衛星發射

全球通訊衛星現況

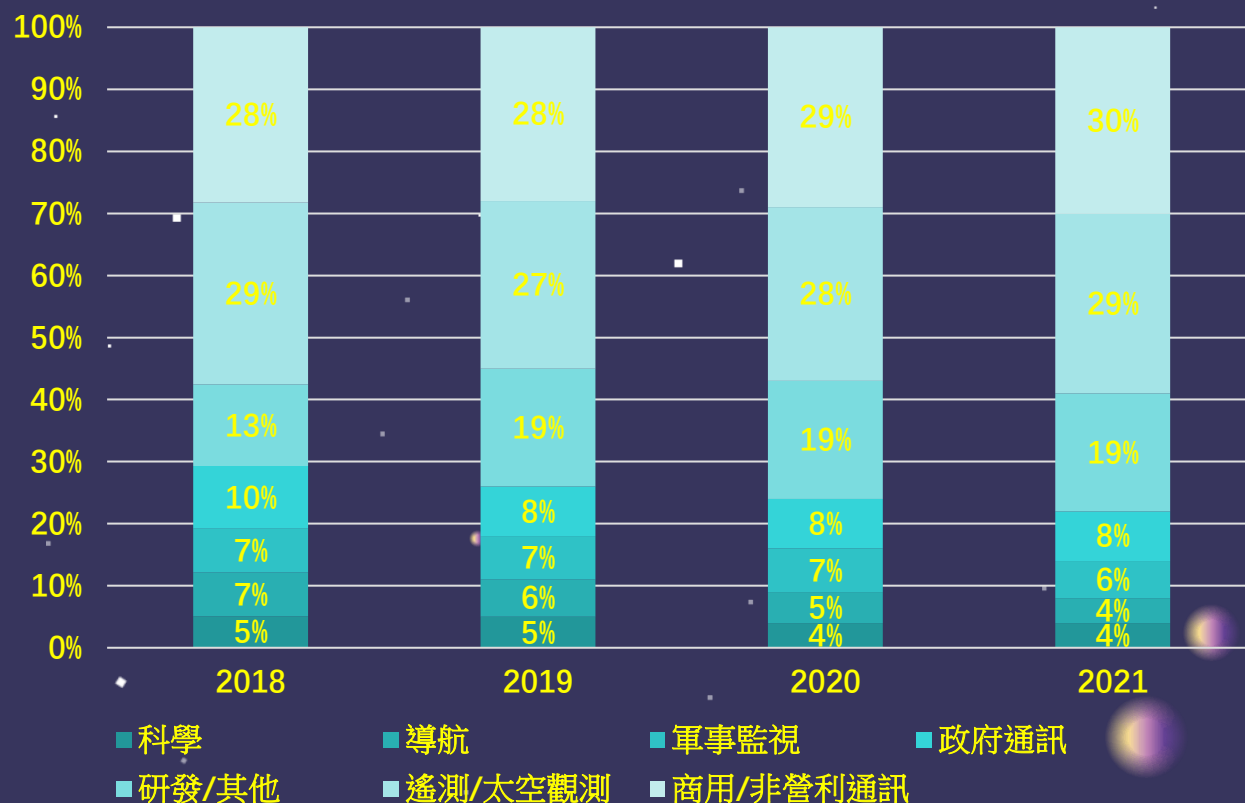


目前全球衛星數量約2500顆(成長率約300~400顆/年)

2019年垂直應用市佔率以「商用/非營利通訊」與「遙測/太空觀測」為主

目前以LEO具備較低延遲性，可與5G並存且互補，許多廠商持續關注布局，預期未來LEO通訊的成長能同時增加地面設備的需求。

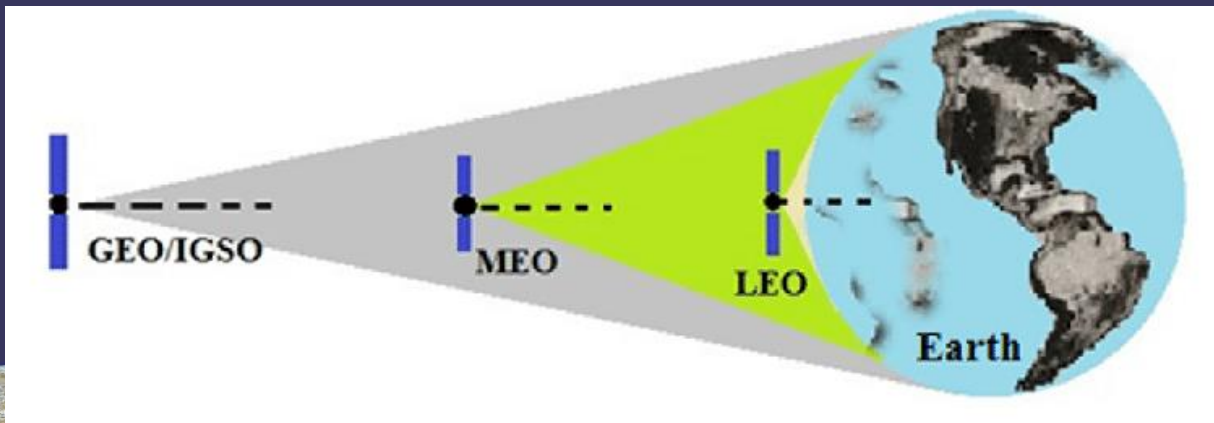
全球衛星主要應用領域市占率預估



衛星通訊技術與特性



- 衛星通訊技術是利用人造衛星作為中繼站，轉發無線電波進行2個或多個終端間的通訊。
- 依照衛星軌道的高度不同，主要可以分為低軌道(LEO)、中軌道(MEO)和高軌道衛星(HEO or GEO)。

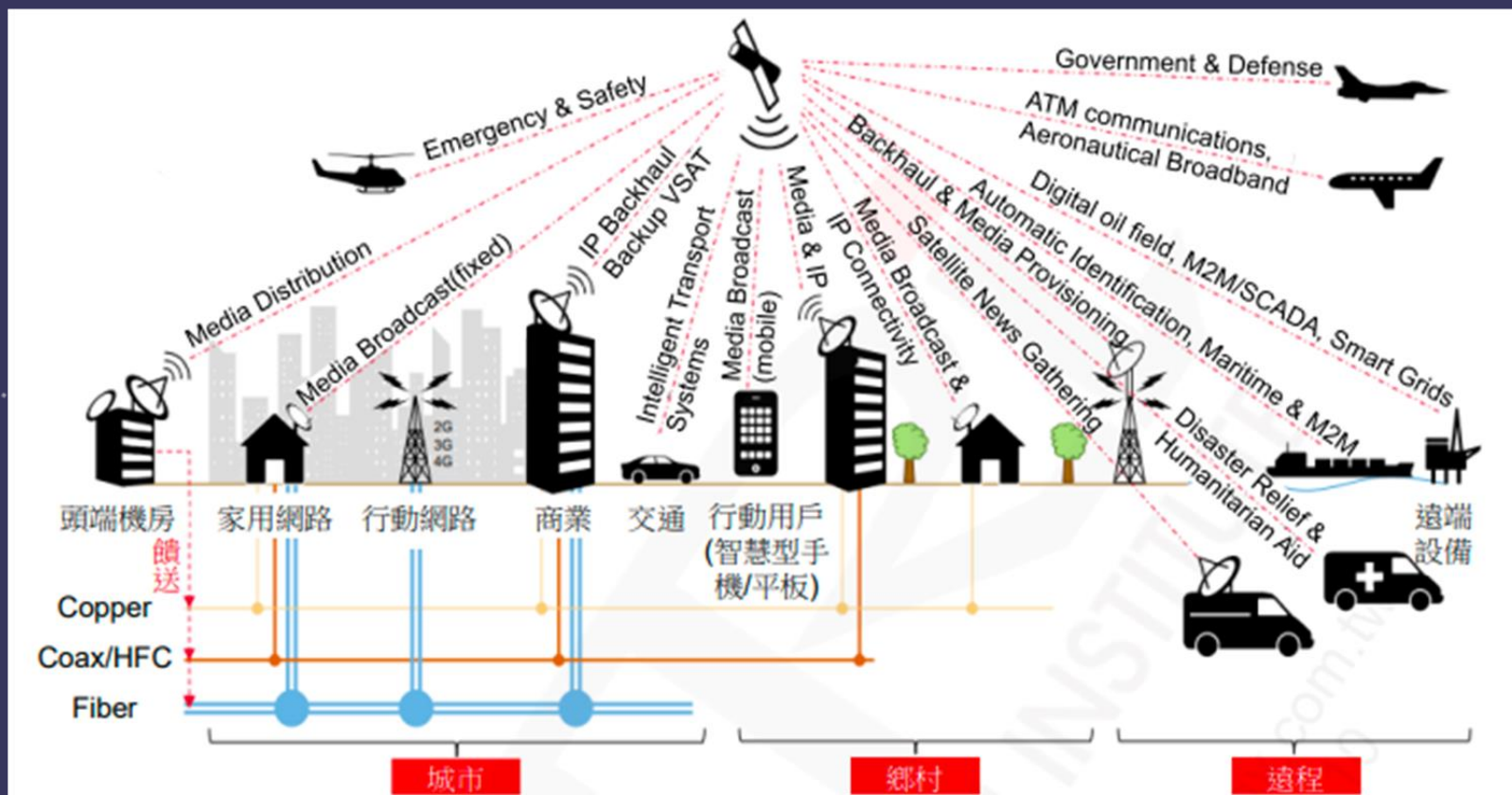


種類	低軌衛星	中軌衛星	高軌/ 同步衛星
高度	300~1,500km	8,000~12,000km	36,000km
使用時間	15分鐘	2~4小時	24小時
成本	低	適中	高
優勢	傳輸延遲低 訊號衰減低	傳輸延遲低	覆蓋率大 無都卜勒效應
生命週期	2~5年	5~8年	8~10年
訊號傳輸延遲	25ms	150ms	500ms

低軌衛星產業現況



- 許多產業都與衛星有著密切關係，例如農林漁業、航空、航太、導航、M2M等領域會需要使用的遙測和地球觀測技術。
- 全球低軌衛星總收入在2020為31.1億美金，預期在2026結束前會達到113億，在2021-2026之間複合年均成長率可成長到20%。
- 目前太空市場朝向商業化型態發展，許多科技大廠正在加快佈局低軌道衛星，使得現在低軌道已成為兵家必爭之地



低軌道衛星運行速度快 連網穩定度較受挑戰



「優勢」

靠近地球

「挑戰」

千顆LEO衛星可覆蓋全球，可應用於難以鋪設光纖的地區，使偏鄉農村亦可享寬頻網路。

能降低發射成本，更快速完成巨型星座部屬，衛星於偵查時可進行切換的次數也較高。

訊號衰減少，使訊號較強，能夠提供低延遲和高流量網路。

可拍攝清晰影像。

訊號傳遞耗電量較少。

覆蓋範圍小，需至少千顆衛星達成全球覆蓋。

衛星繞行速度快，維持網路連續性較受挑戰。

衛星繞行速度快，需解決都卜勒效應。

衛星生命週期相對短。



低軌道衛星擁提高偏鄉網路覆蓋度和網速商機



LEO衛星提供低延遲和高流量網路，
可應用於難以鋪設光纖的地區。



千顆LEO衛星可覆蓋全球，
使偏鄉農村亦可享寬頻網路。

低軌衛星太空產業SWOT分析

優勢

- 經營成本有望逐步降低。
- 政府正視數位落差且有意解決提供補助。
- 低軌衛星產業進步，進而帶動地面設備及元件廠商更多商業機會。

缺點

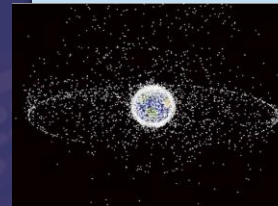
- 低軌衛星繁多，有賴業者相互協調以避免撞擊。
- 業者短期尚難損益兩平，需要仰賴雄厚資本支持。

機會

- 因疫情導制大頻寬和低延遲網路需求有增無減。
- 衛星產業的進步導致與衛星有關的周邊產業一同受益，例如LEOLABS和ASTROSCALE主要在清除衛星軌道上的廢棄衛星以及太空垃圾。

威脅

- 太空垃圾氾濫(如左圖白點)，會縮短低軌道衛星壽命。
- 本土想要發展到像國際一樣的LEO應用毫米波技術還需要大量時間以及金錢來發展。



各大運營商發展現況



- SPAXE X 星鏈計畫 – StarLink constellation
- 2335 launched, 2103 in orbit, 1679 in service。



- Planet有兩座低軌衛星星鏈，Flock和SkySat，衛星數量個別是193和21。



- 破產後由英國政府和印度Bharti集團收購。
- 目前已發射428/648 (66%)顆衛星，目標2022年完成648顆衛星發射。



- 目前有128顆低軌衛星在軌道上運作。
- Spire 計劃在未來幾年內將其星座保持在目前大約 90 顆衛星的規模。



- 2020年6月獲FCC核可，2029年需完成約3,240顆衛星發射。
- 依據FCC規定，2026年前需達成半數，約1,620顆衛星發射。



- 啟用第一個真正的全球寬頻服務：Iridium Certus。
- 目前有75顆低軌衛星在軌道上運作。
- 推出了Iridium CloudConnect，使亞馬遜網絡服務物聯網可供目前缺乏通信覆蓋的地球上80% 以上的人使用。

Outlines

[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

[C] case study for Starlink UT v2

[D] design challenge of phased array antenna for LEO

[E] Q&A

Case study for SpaceX UT V2



- Dimensions: 19" x 12" (50 x 30 cm)
- Weight (with cable): 9.2 lbs (4.2 kg)
- Height: 24" (61 cm)
- Mast diameter: 1.3" (3.4 cm)
- Operating Temperature: -22°F to +122°F (-30°C to +50°C)
- Outdoor use - IP54 rated

- IEEE 802.11a/b/g/n/ac standards
- Dual band 2.4GHz and 5GHz
- 3x3, MU-MIMO
- WPA2 and WPA3 security
- Operating Temperature: -22°F to +122°F (-30°C to +50°C)
- IP54 rated (water resistant), configured for indoor use
- Ethernet adapter available in Shop

Case study for SpaceX UT V2

Starlink RECTANGLE Teardown Details - Working on trimming Rectangle dish to make a low-power panel.

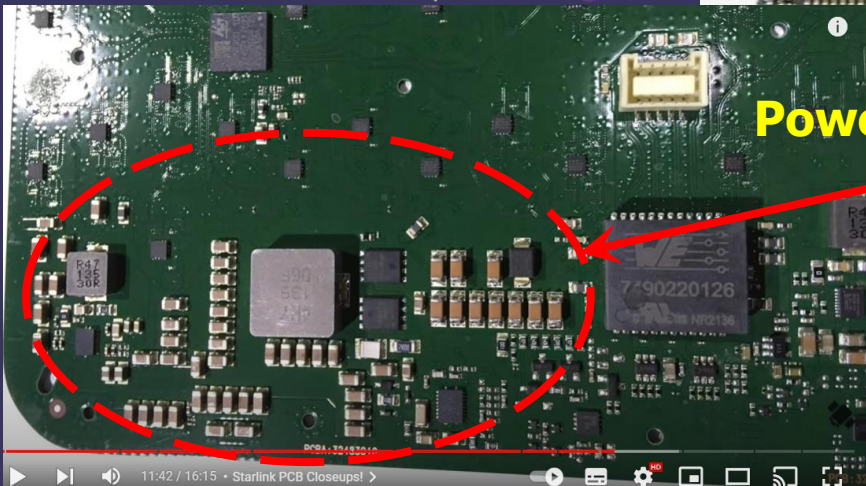
按 Esc 退出全螢幕

Motor

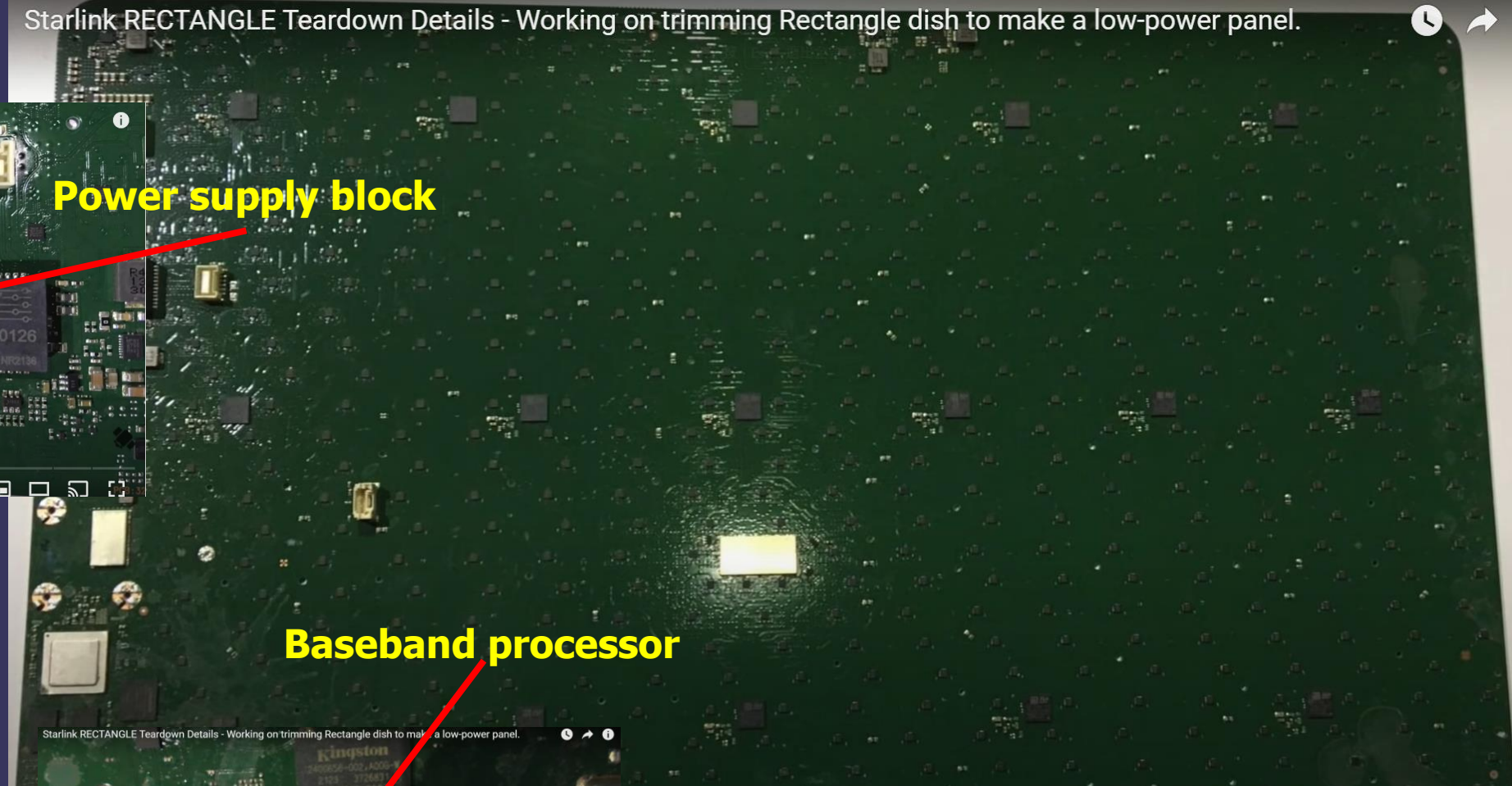
Back cover

Case study for SpaceX UT V2

Starlink RECTANGLE Teardown Details - Working on trimming Rectangle dish to make a low-power panel.



Power supply block



Baseband processor

1. reference CLK circuit
2. baseband unit
3. POE
4. I/O
5. motor driver circuit
6. distributed power circuit
7. GPS circuit



Feeding mechanism for RF part

Starlink RECTANGLE Teardown Details - Working on trimming Rectangle dish to make a low-power panel.



16 channel BFIC



4 channel PA/LNA



- 16 CH BFIC: 16pcs
- 2 CH PA/LNA: 512 pcs
- Overall antenna elements: 1024

Antenna feeding structure

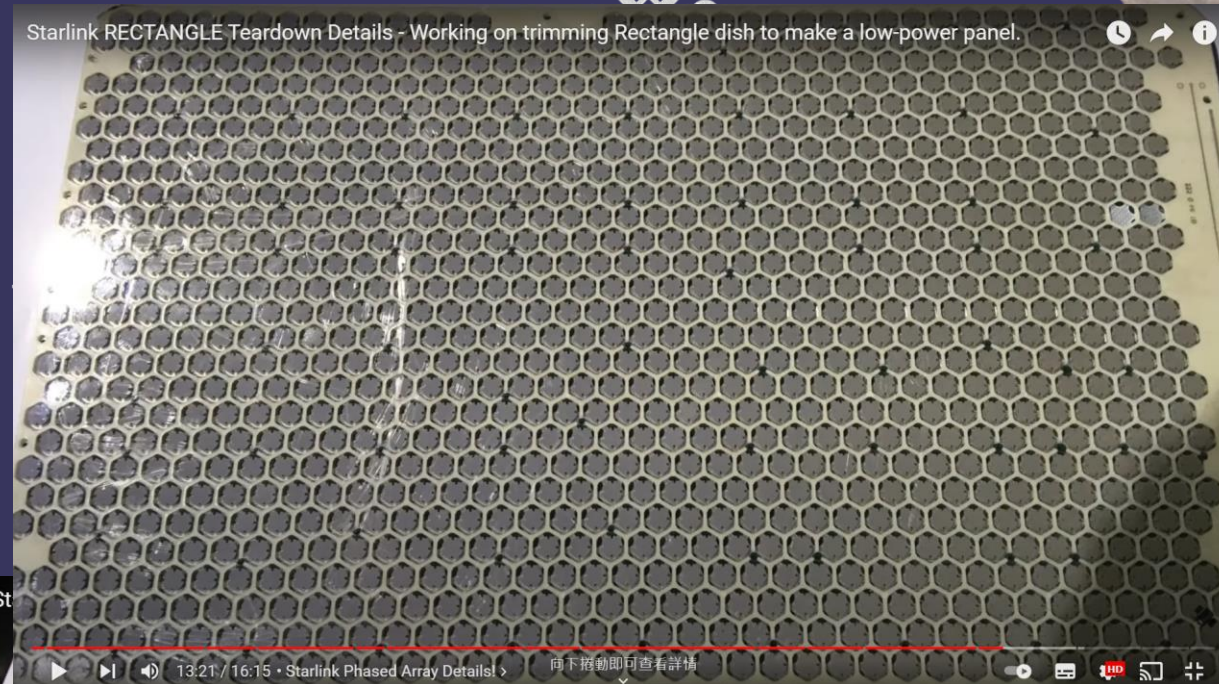
Starlink RECTANGLE Teardown Details - Working on trimming Rectangle dish to make a low-power panel.



按 Esc 退出全屏

Dumbbell slot feeding structure

Radiator and Radome



Comparison between 2nd and 3rd UT



7.3 kg
~100 W DC power
Heatsink needed



4.2 kg
<50 W DC power
w/o heatsink



Outlines

[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

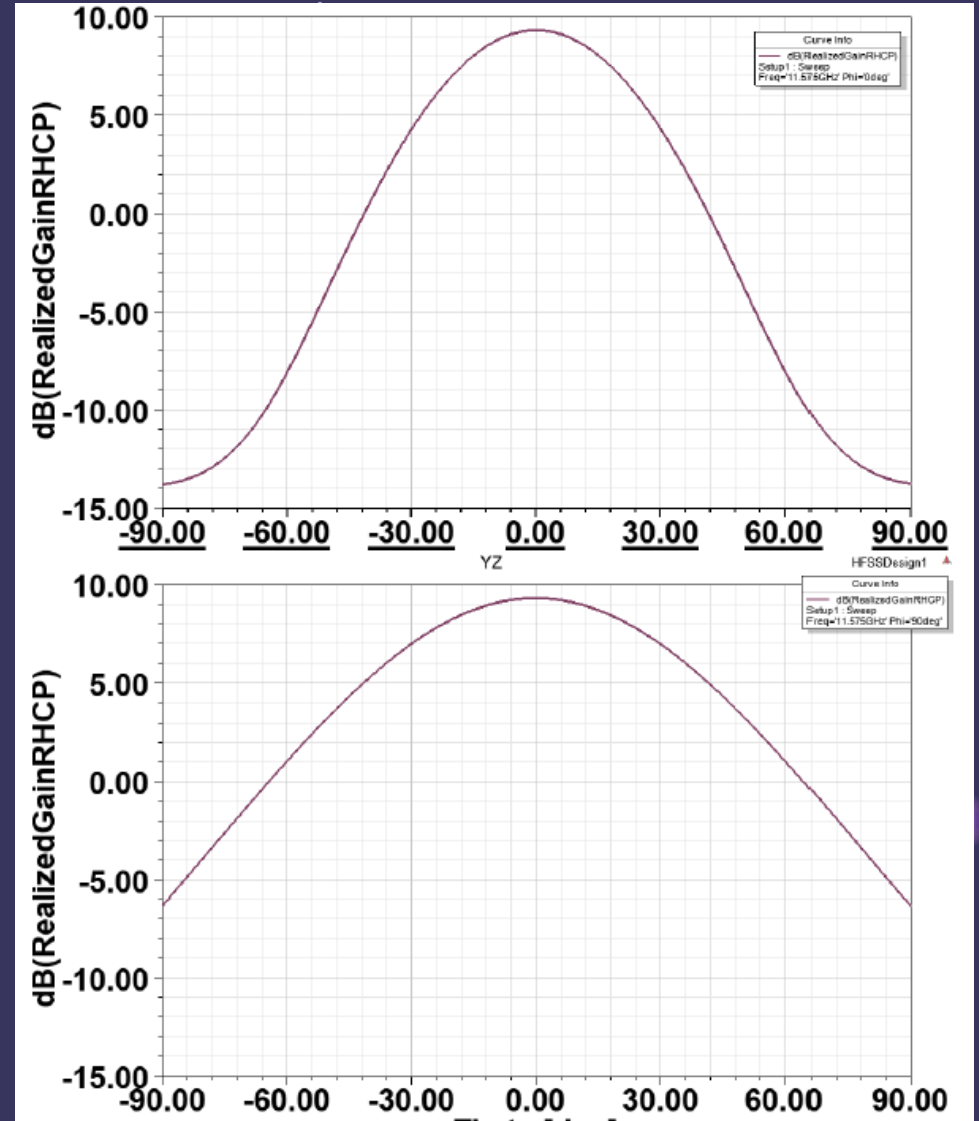
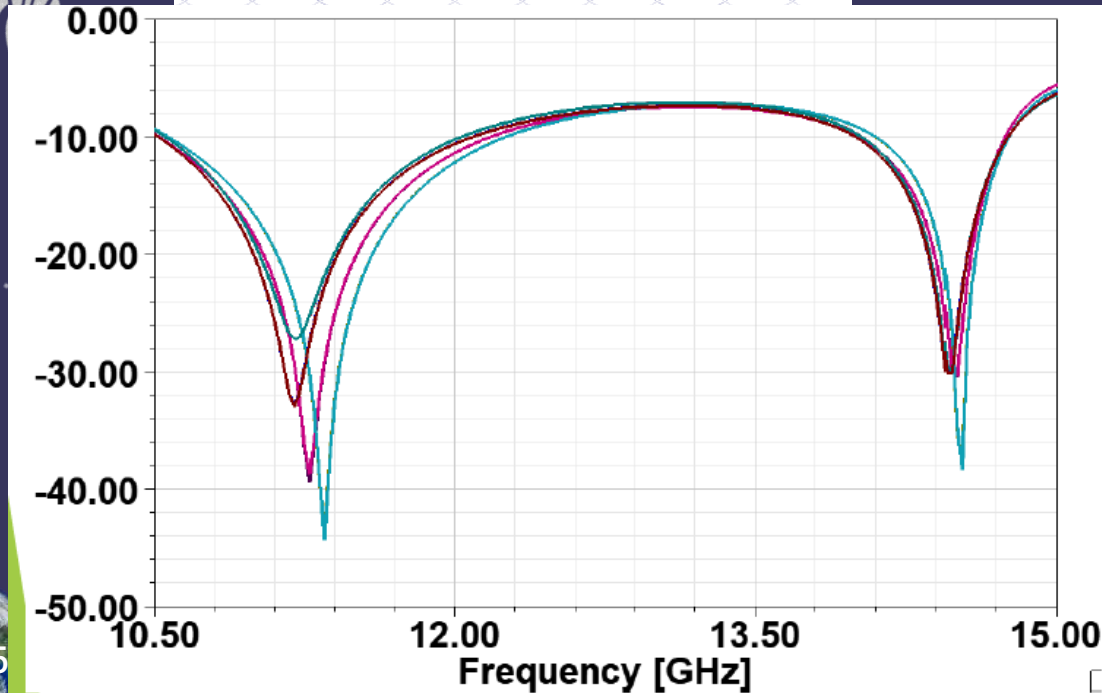
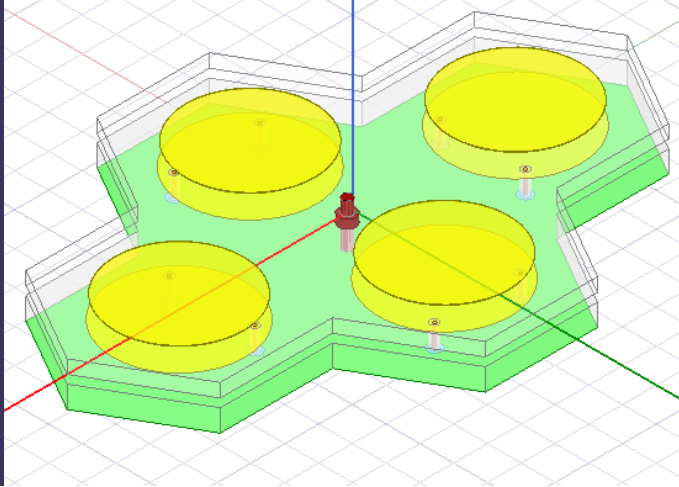
[C] case study for Starlink UT v2

[D] design challenge of phased array antenna for LEO

[E] Q&A

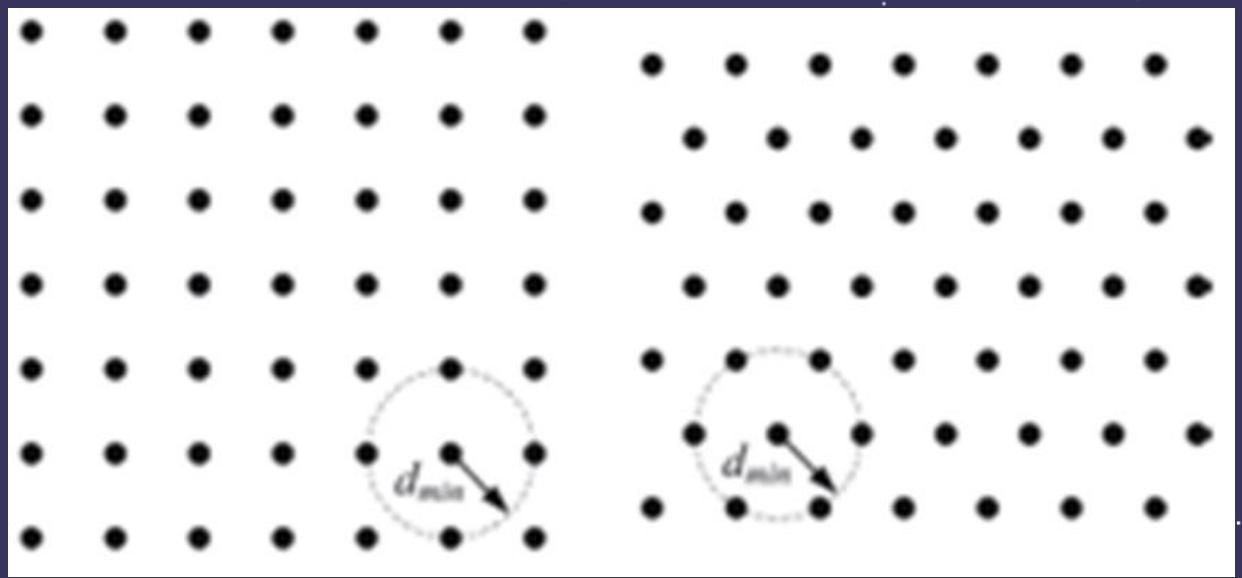
Design challenge of phased array antenna for LEO

- Antenna design is difficult to achieve wideband requirement



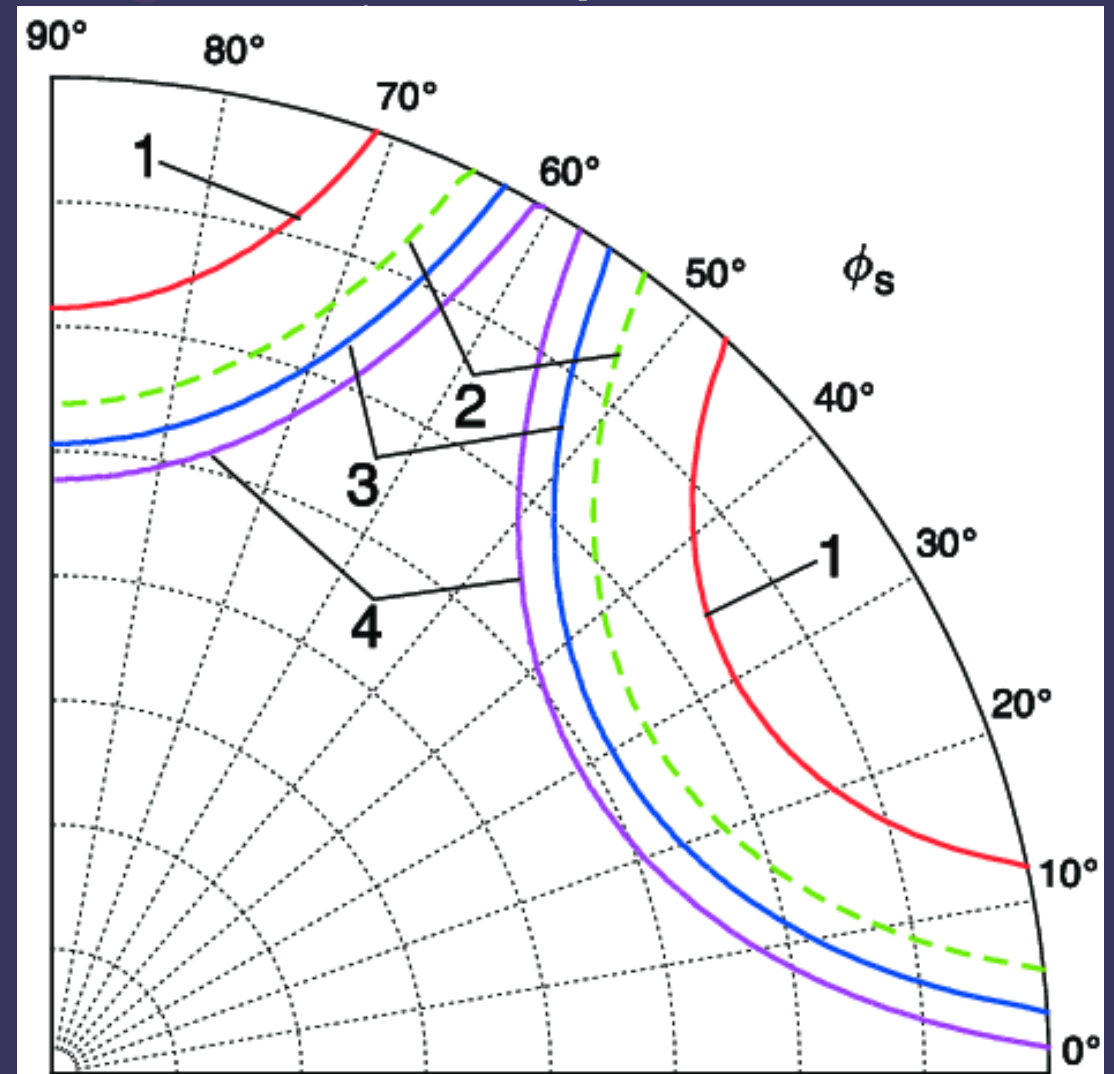
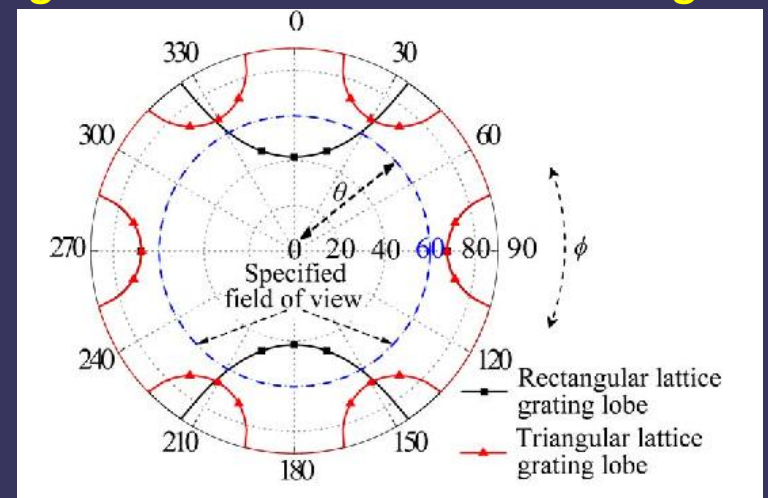
Design challenge of phased array antenna for LEO

- Array lattice is highly depended on the scan angle requirement



Rectangular

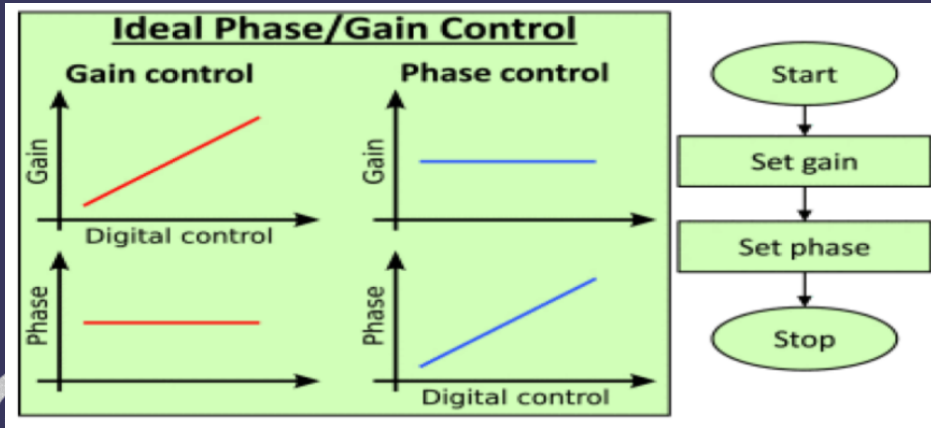
Triangular



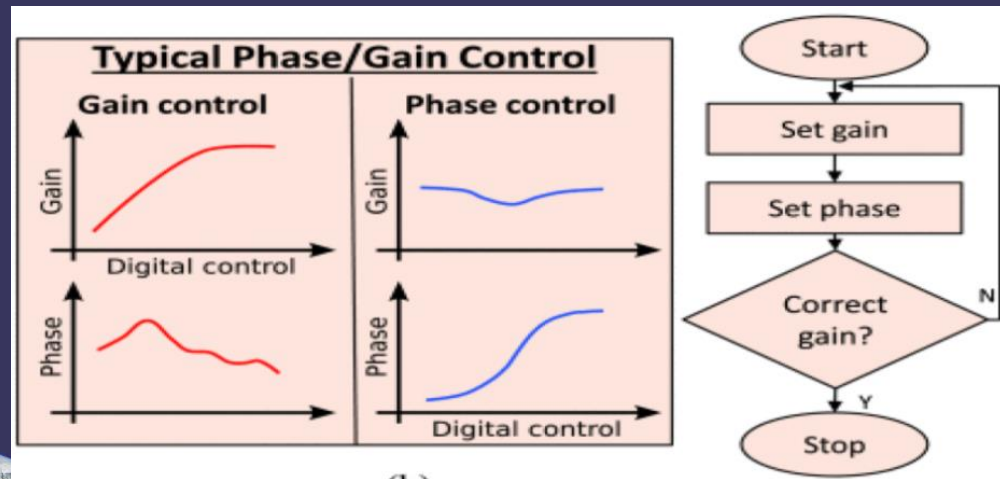
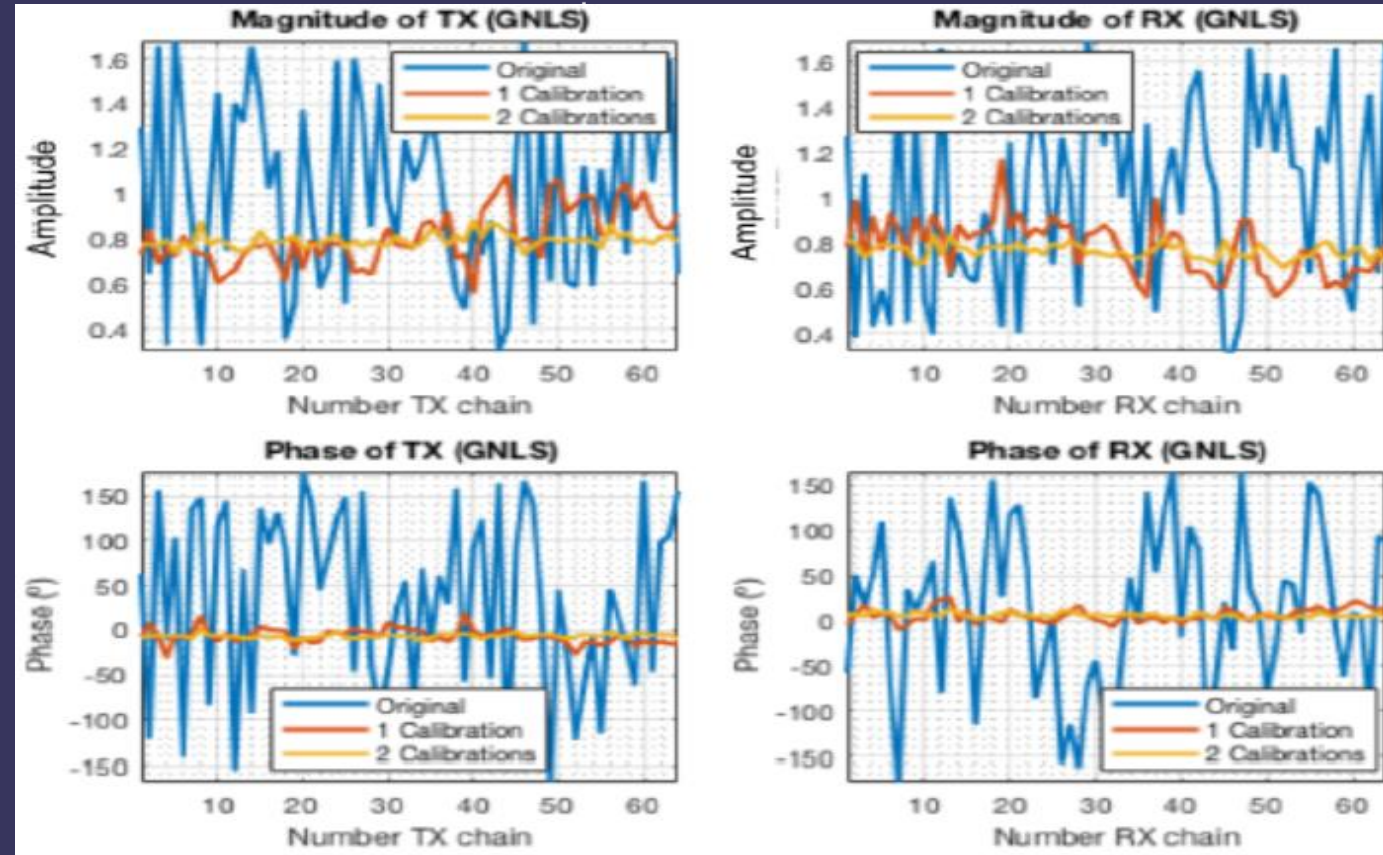
Design challenge of phased array antenna for LEO



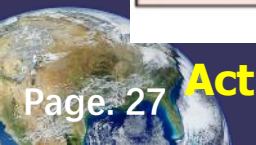
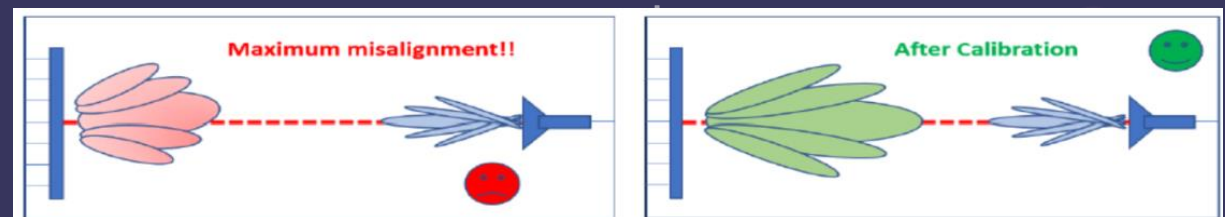
- Calibration of the phased array antenna



Ideal case for amp/phase control



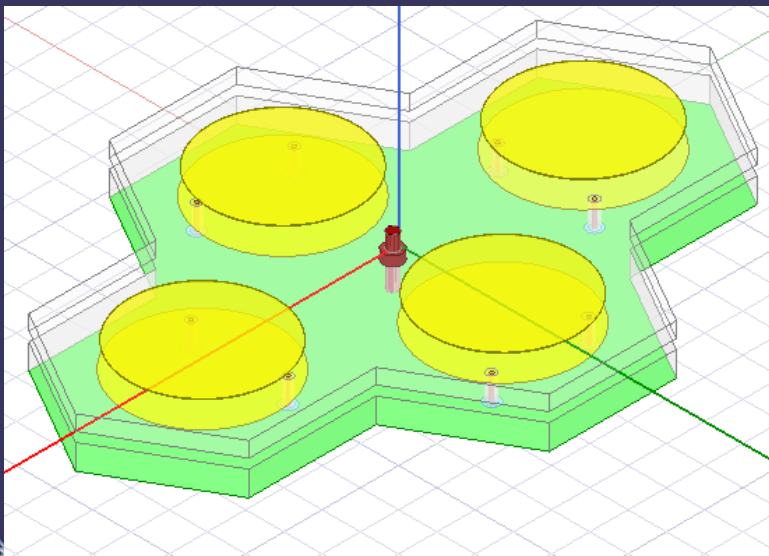
Actual case for amp/phase control



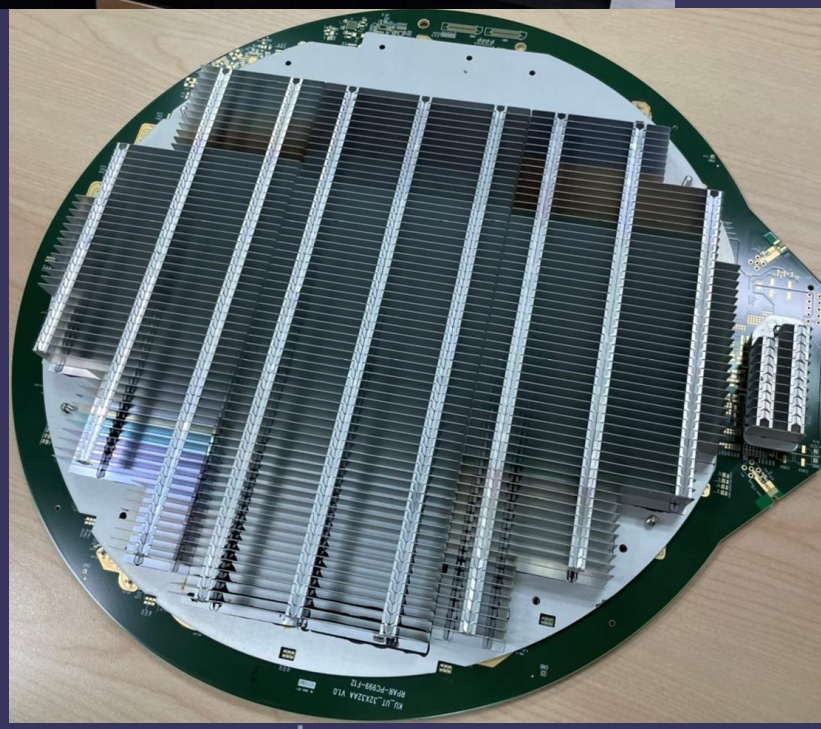
Tx/Rx single panel design for UT application

Product spec. for Tx/Rx single panel array

- EIRP: >34 dBW
- G/T: >7 dB/k
- Beam switching time: <0.5 mS
- DC power consumption: <150 W
- UC/DC embedded
- Polarization: RHCP for Rx, LHCP for Tx



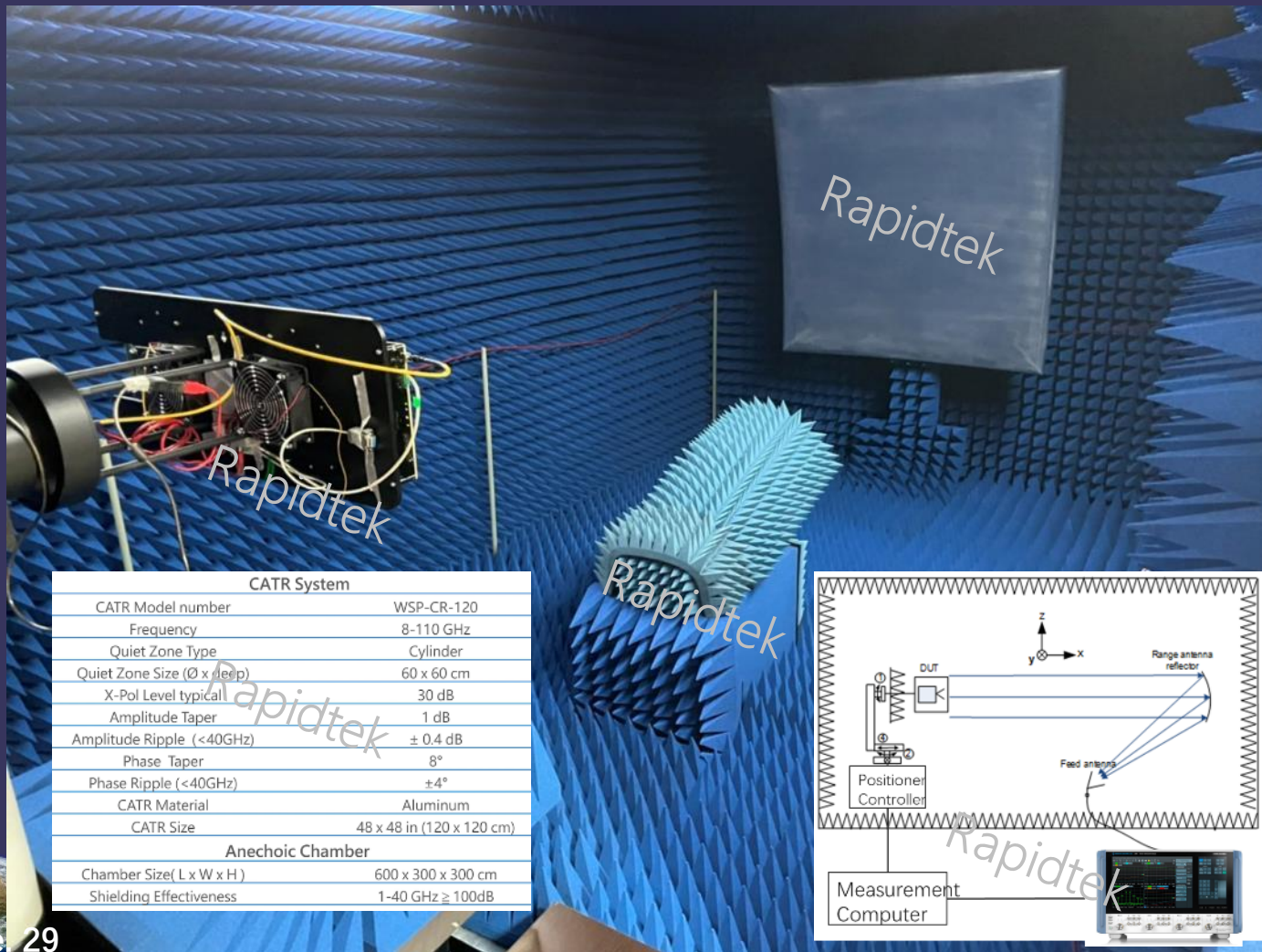
2x2 unit cell



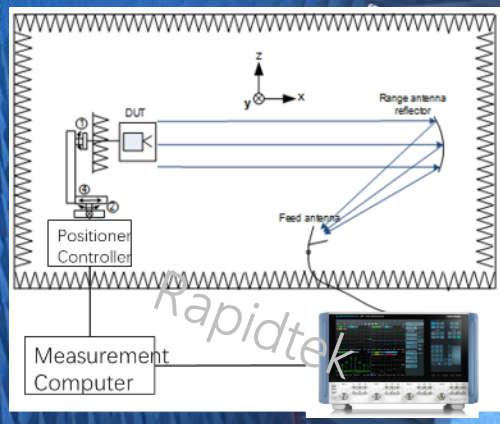
RF Test Solution for Antenna Array



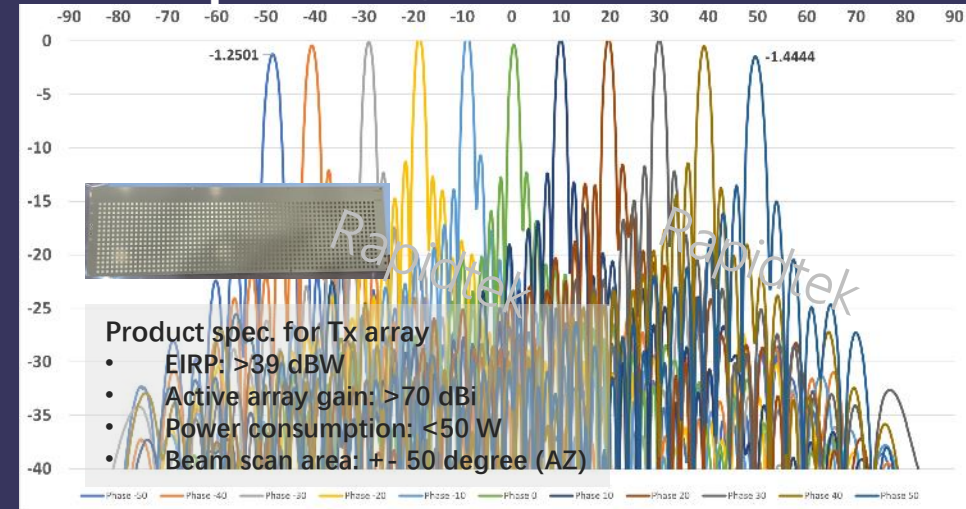
Far field measurement environment



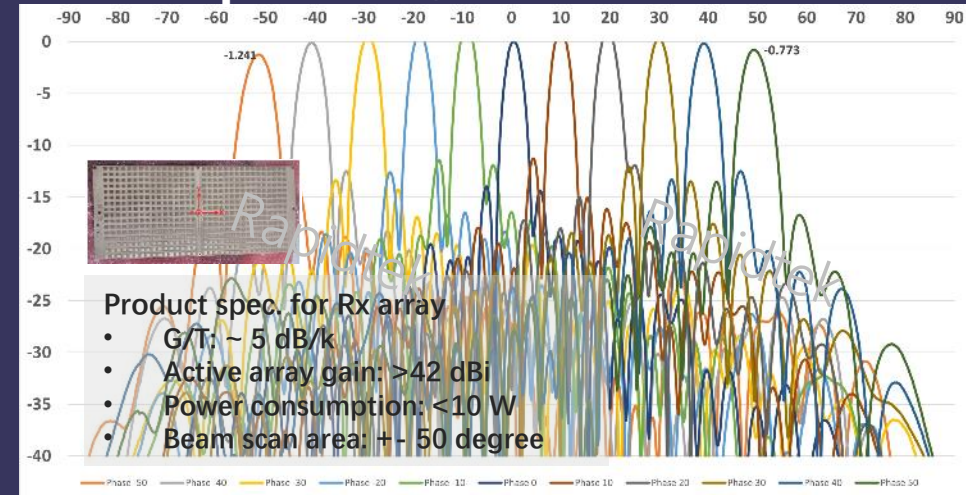
CATR System	
CATR Model number	WSP-CR-120
Frequency	8-110 GHz
Quiet Zone Type	Cylinder
Quiet Zone Size (Ø x depth)	60 x 60 cm
X-Pol Level typical	30 dB
Amplitude Taper	1 dB
Amplitude Ripple (<40GHz)	± 0.4 dB
Phase Taper	8°
Phase Ripple (<40GHz)	±4°
CATR Material	Aluminum
CATR Size	48 x 48 in (120 x 120 cm)
Anechoic Chamber	
Chamber Size(L x W x H)	600 x 300 x 300 cm
Shielding Effectiveness	1-40 GHz ≥ 100dB



Tx scan pattern @14.25 GHz



Rx scan pattern @11.70 GHz

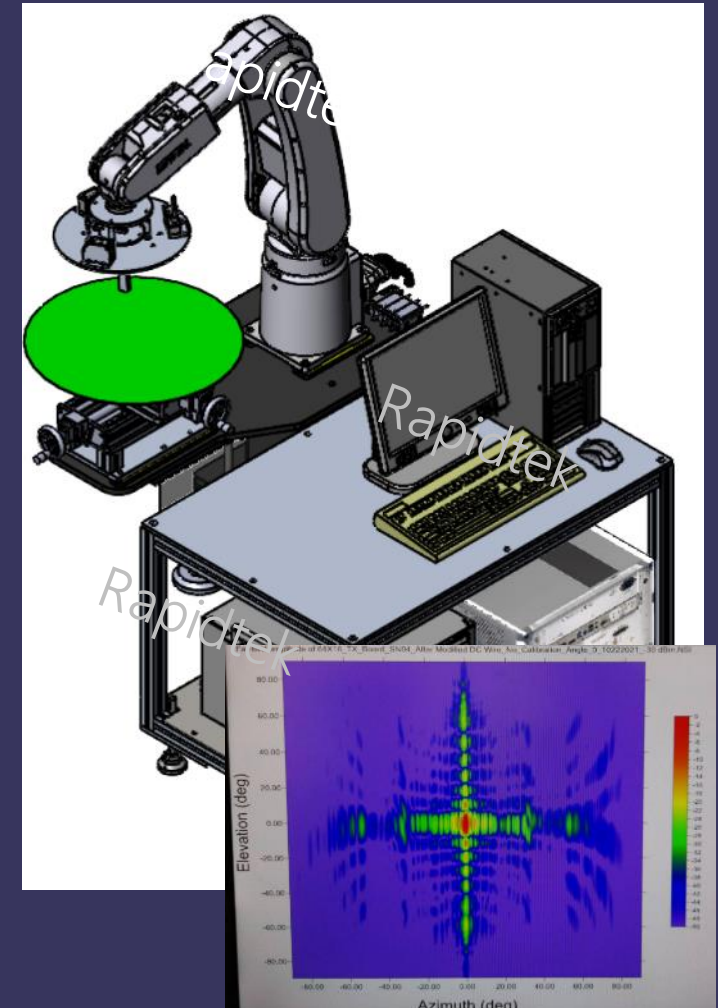
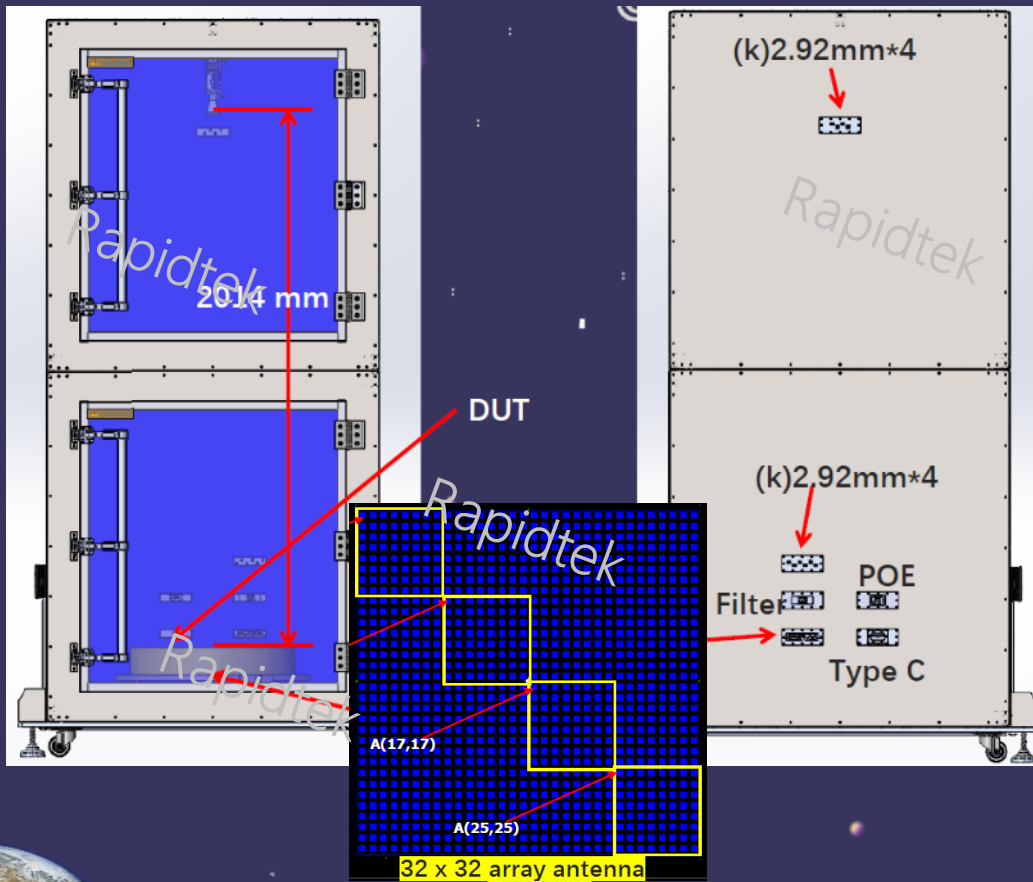


Shielding box design for large array calibration

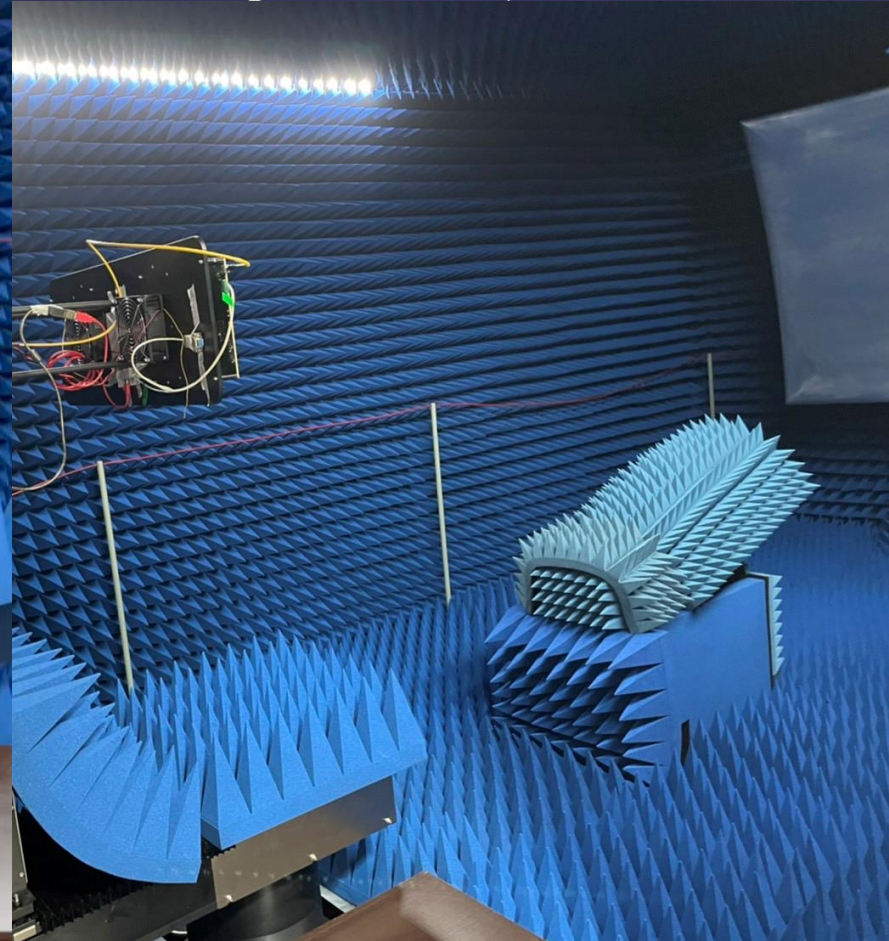
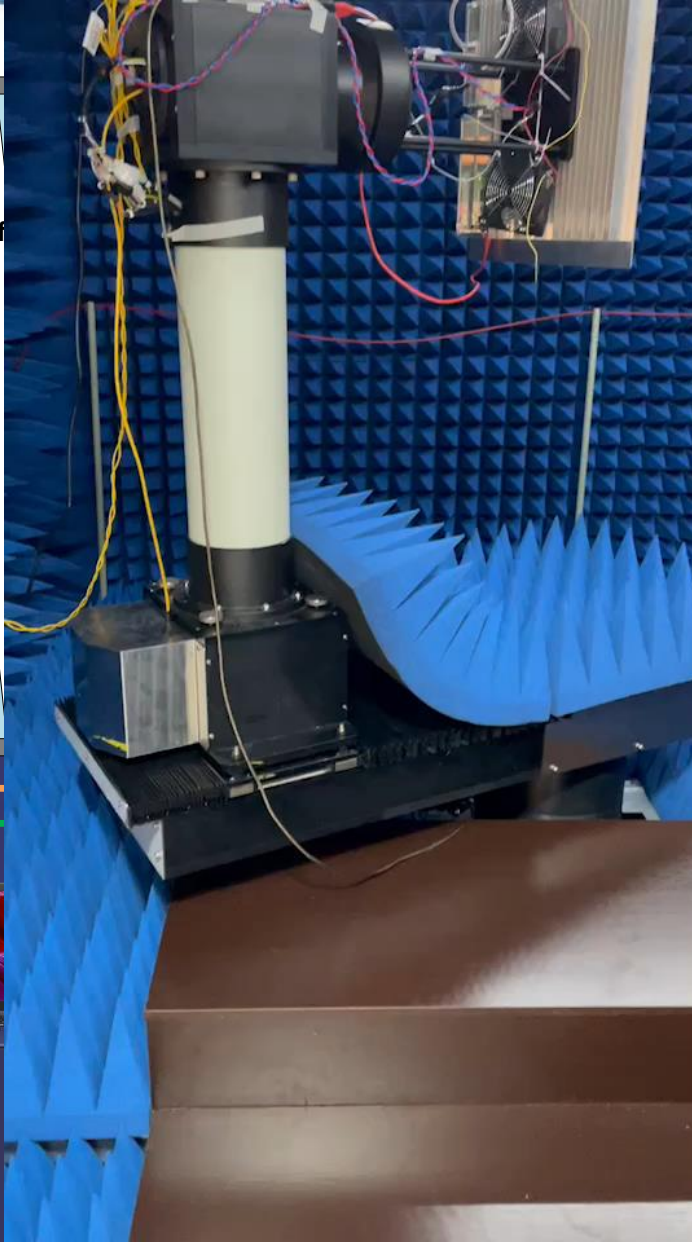
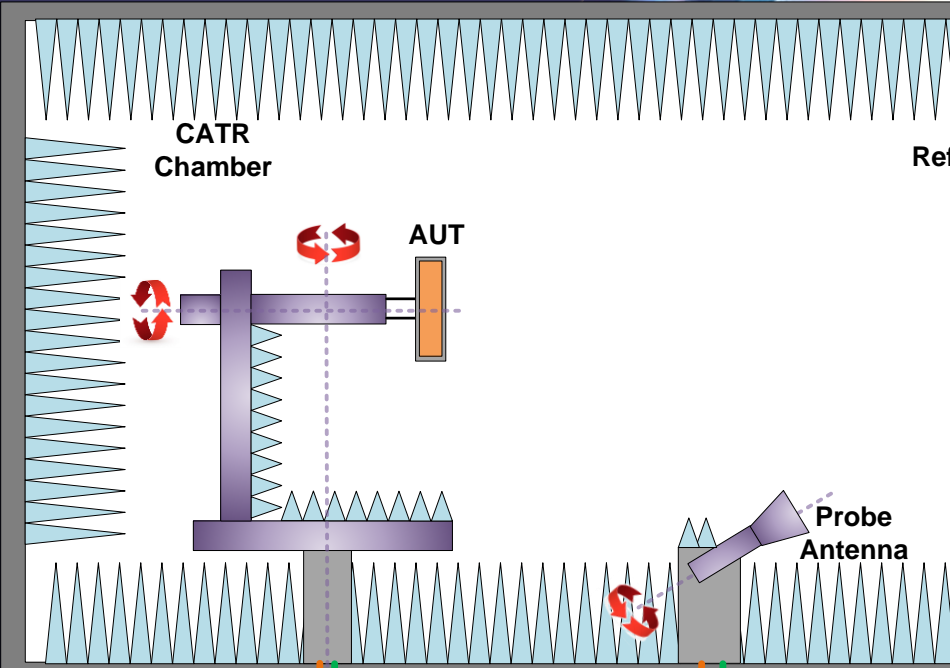


Multi-element calibration for MP station

Single element calibration procedure



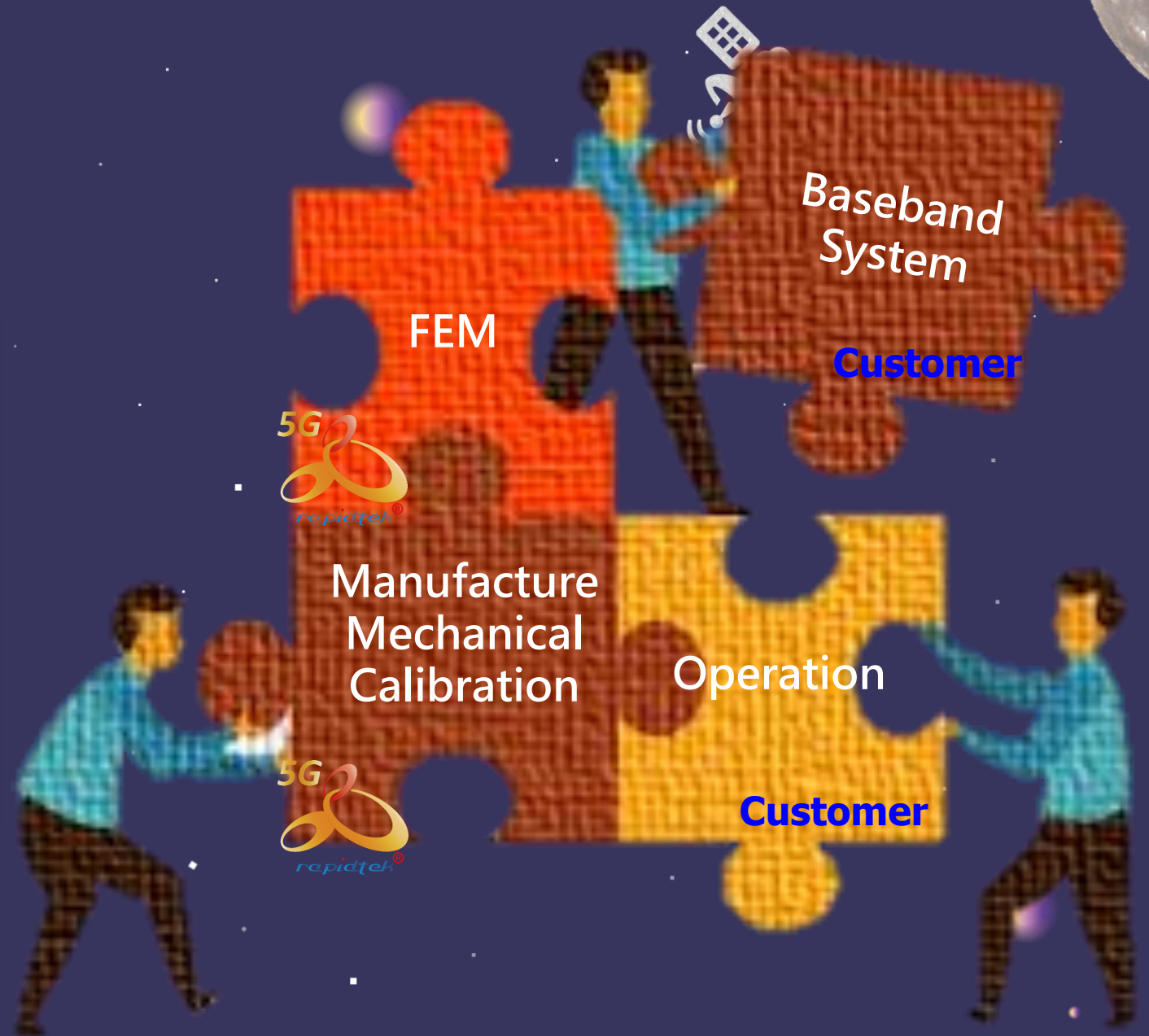
Antenna performance measurement capabilities



Summary



Complementary cooperation





學術問卷抽獎活動



探討大眾對低軌衛星商用設備的瞭解及使用意願

- 台灣科技大學 企業管理博士班 王奕翔

歡迎符合以下條件的參與者填寫此份問卷：

1. 年滿18歲
2. 具備汽車駕照 或 具有搭乘飛機經驗

本問卷係屬學術問卷，採取匿名方式填答。

若您欲參加抽獎活動，再請於最末頁留下聯絡方式。





Q&A

台灣 辦公室

☎ +886-2-86981068

🏠 +886-2-86981020

✉ service@rapidtek.net

📍 新北市汐止區新台五路 1 段 75 號 20 樓之 4

上海 辦公室

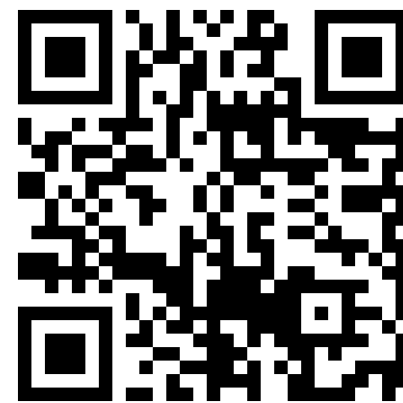
☎ +86-21-32123698

✉ service@rapidtek.net

📍 上海市徐匯區宜山路889號1號樓6樓601室



學術問卷抽獎活動



LinkedIn®