B5G/6G低軌衛星技術應用與發展

Alex Chou
Rapidtek Technologies Inc.

2021y

Outline

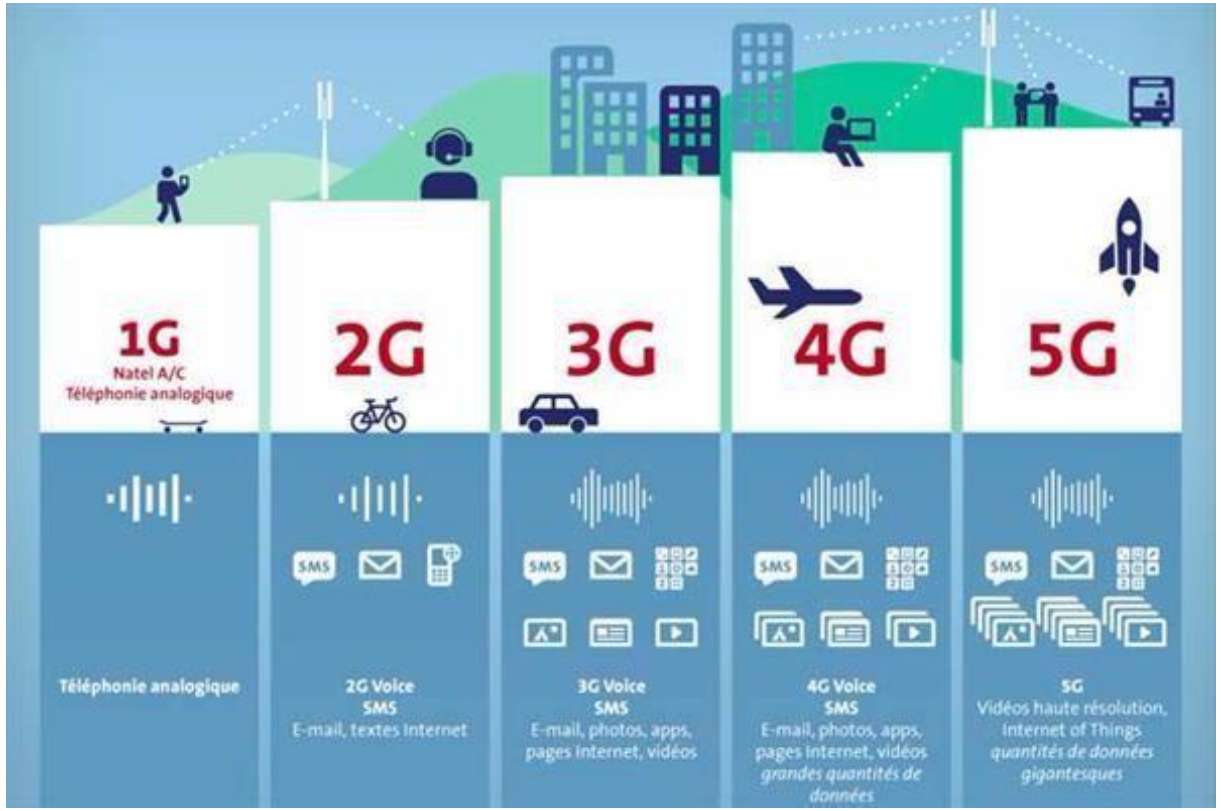
- Introductions
- Scenarios for 5G/B5G
- What next? for 6G
  - Satellite communications
  - Sub-terahertz communication
- Develop roadmap for future applications

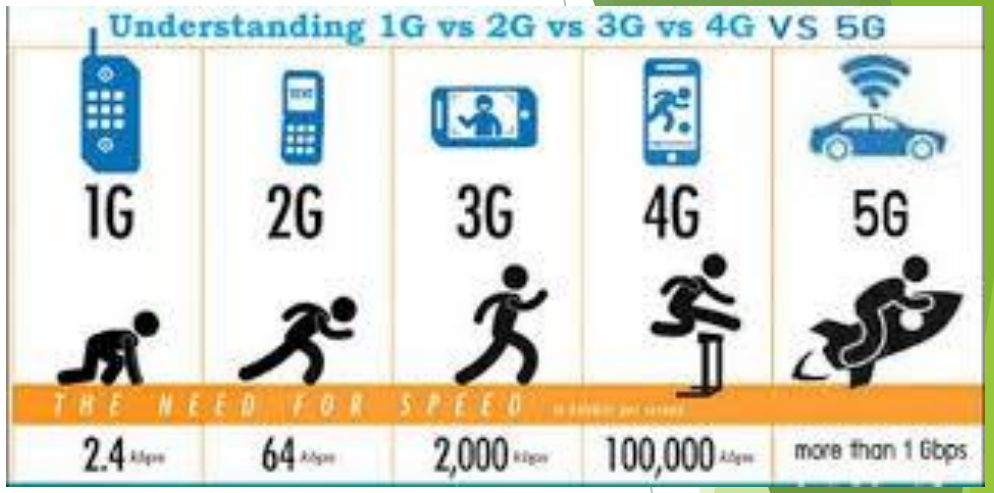
Outline

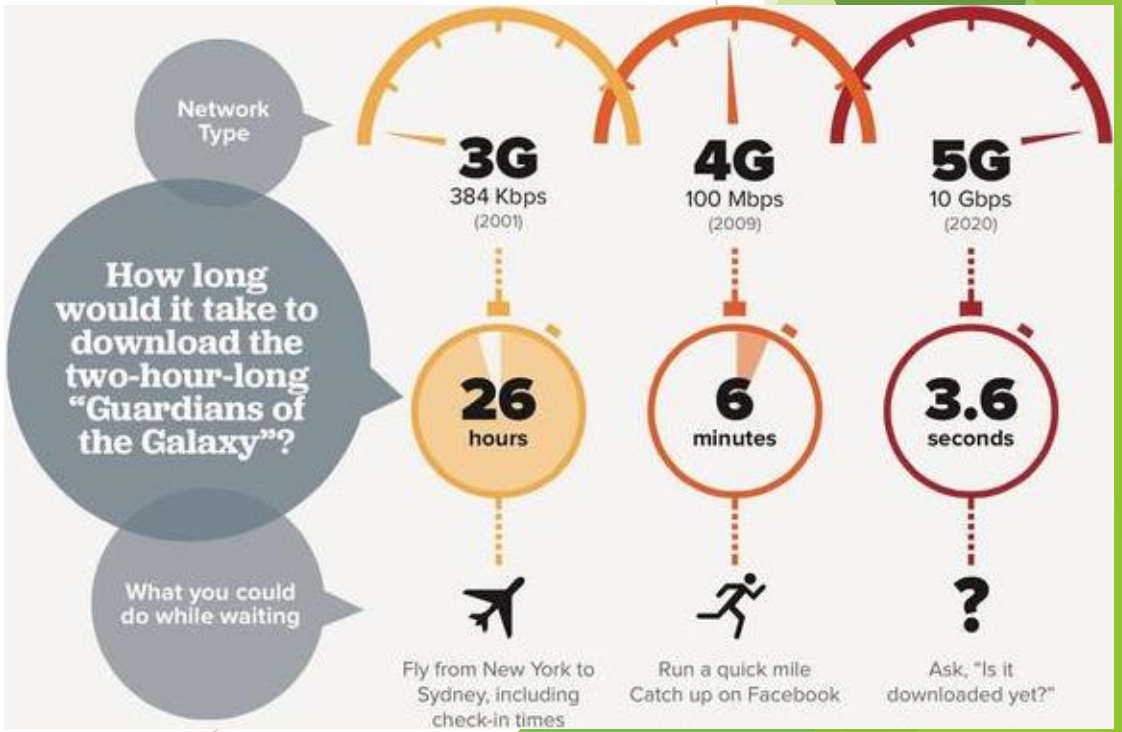
- Introductions
- Scenarios for 5G/B5G
- What next? for 6G
  - Satellite communications
  - Sub-terahertz communication
- Develop roadmap for future applications

Introductions

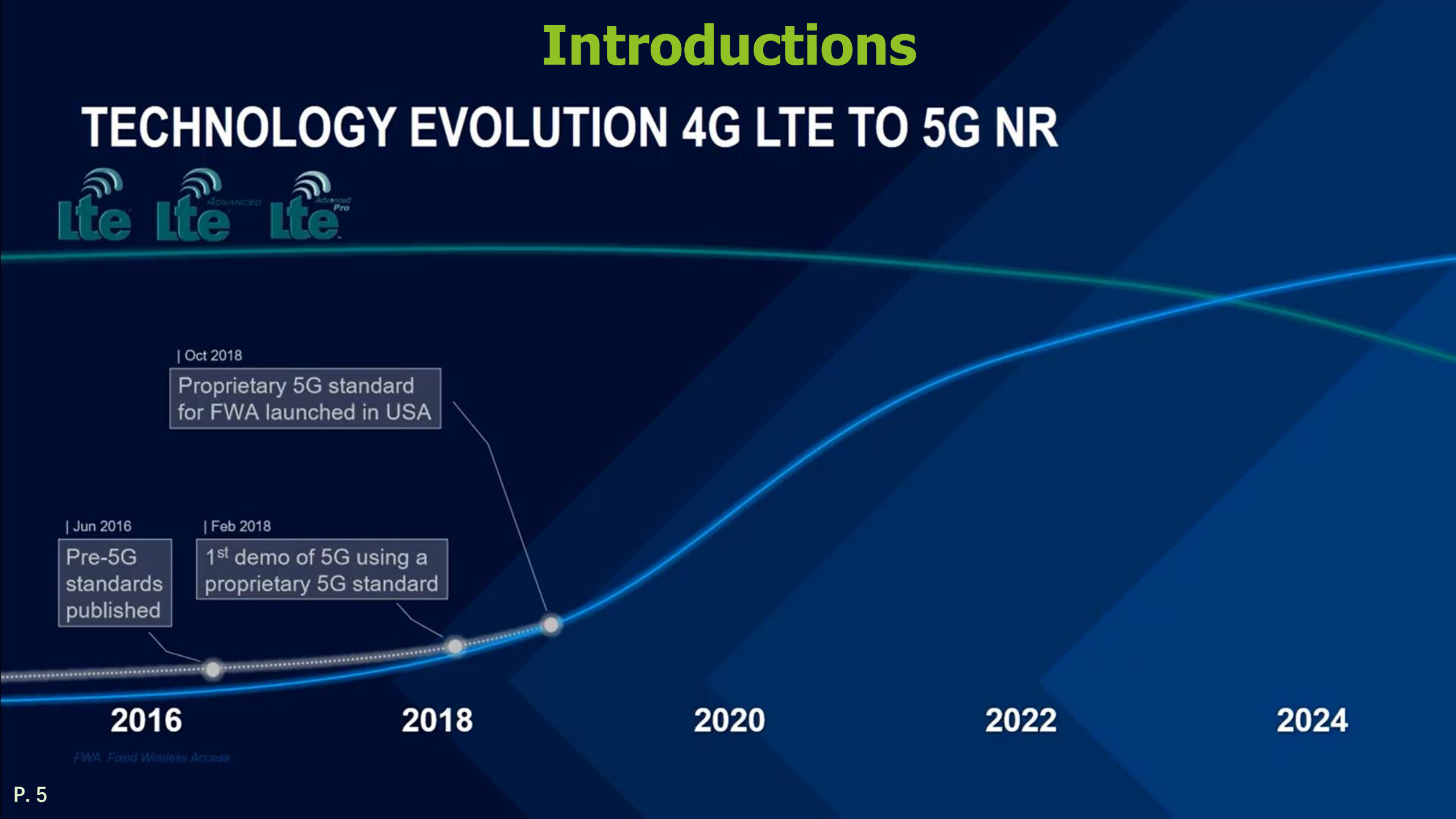
The evolution of telecommunications







Introductions



Introductions

TECHNOLOGY EVOLUTION 4G LTE TO 5G NR

LTE LTE Advanced LTE Advanced Pro

| Sep 2015
5G workshop

| March 2017
Start standardization

| Apr 2019
1st 5G NR networks (FR1, FR2) launched; focus: eMBB

| June 2018
1st 5G New Radio specs (3GPP Rel-15) approved

2016 2018 2020 2022 2024

FWA: Fixed Wireless Access
eMBB: enhanced Mobile Broadband
URLLC: Ultra-Reliable Low Latency Communication
mMTC: massive Machine Type Communication

Introductions

5G NR TECHNOLOGY EVOLUTION – THE NEXT PHASE

*) Release officially finished by 3GPP, however, products usually arrive 9 to 12 months after
eMBB: enhanced Mobile Broadband
URLLC: Ultra-Reliable Low Latency Communication
mMTC: massive Machine Type Communication

Introductions

5G NR TECHNOLOGY EVOLUTION – THE NEXT PHASE

LTE LTE Advanced LTE Advanced Pro

eMBB

mMTC

URLLC

5G

| April 2019

1st 5G NR networks (FR1, FR2) launched; focus: eMBB

| Sep 2020

3GPP Release 16*) (5G Phase 2); focus: two market verticals

Security

Reliability

Latency

5G Release 16

| Dec 2021

3GPP Release 17*) (5G Phase 2+); focus: NTN, NR Light, FR2+

5G

5G is a marathon, not a 100 m sprint…

2018 2020 2022 2024 2026

*) Release officially finished by 3GPP, however, products usually arrive 9 to 12 months after

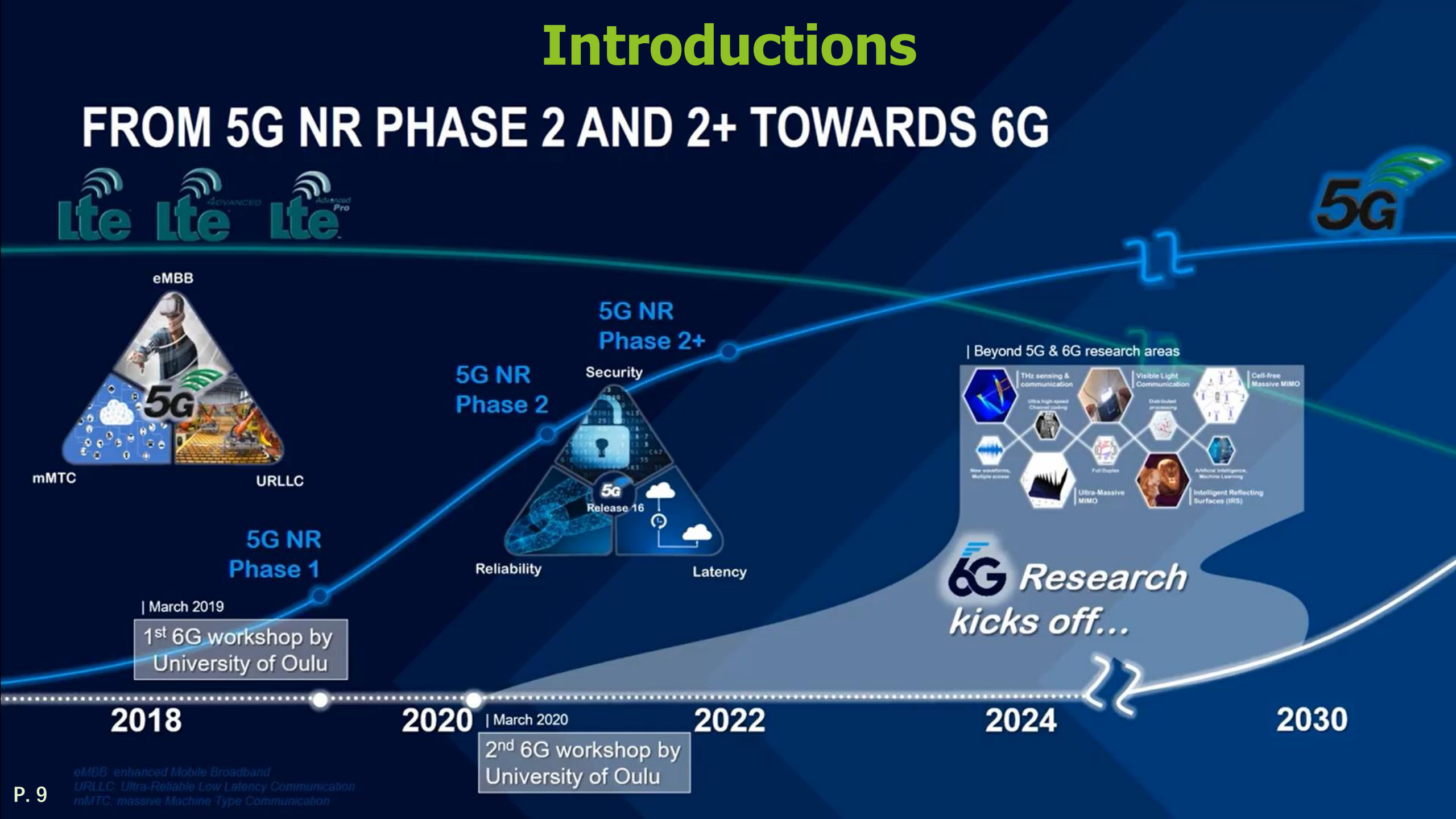
eMBB: enhanced Mobile Broadband

URLLC: Ultra-Reliable Low Latency Communication

mMTC: massive Machine Type Communication

Introductions

FROM 5G NR PHASE 2 AND 2+ TOWARDS 6G



eMBB: enhanced Mobile Broadband
URLLC: Ultra-Reliable Low Latency Communication
mMTC: massive Machine Type Communication

Outline

- Introductions
- **Scenarios for 5G/B5G**
- What next? for 6G
  - Satellite communications
  - Sub-terahertz communication
- Develop roadmap for future applications

5G/B5G

New Technology

技術

- 毫米波(mmWave)
- Wi-Fi 6/UWB
- 衛星通訊
- 網路虛擬化 (SDN/NFV)
- 人工智慧(AI)/觸覺互聯網

New Application

應用情境

- 大頻寬(eMBB)
- 低延遲(uRLLC)
- 大連結(mMTC)

New Solution

產品/方案

- 智慧手機
- 網路設備 (基站、CPE)
- 射頻前端(RFFE)
- 新興載具 (AR/VR、無人機、機器人)
- 垂直領域SI服務 (工廠、醫療、安全...)

5G通訊架構

5G/B5G

機會

- 2017 年3GPP Release 15 規範，將5G 通訊使用頻段正式定義在Sub-6 GHz（450 MHz ~ 6 GHz）和毫米波（24.25 GHz ~ 52.6 GHz）兩個頻段

- 美國聯邦通信委員會（FCC）已確定將於2018 年11 月開始進行28 GHz 頻段的營運執照競標
- 新興應用發展機會

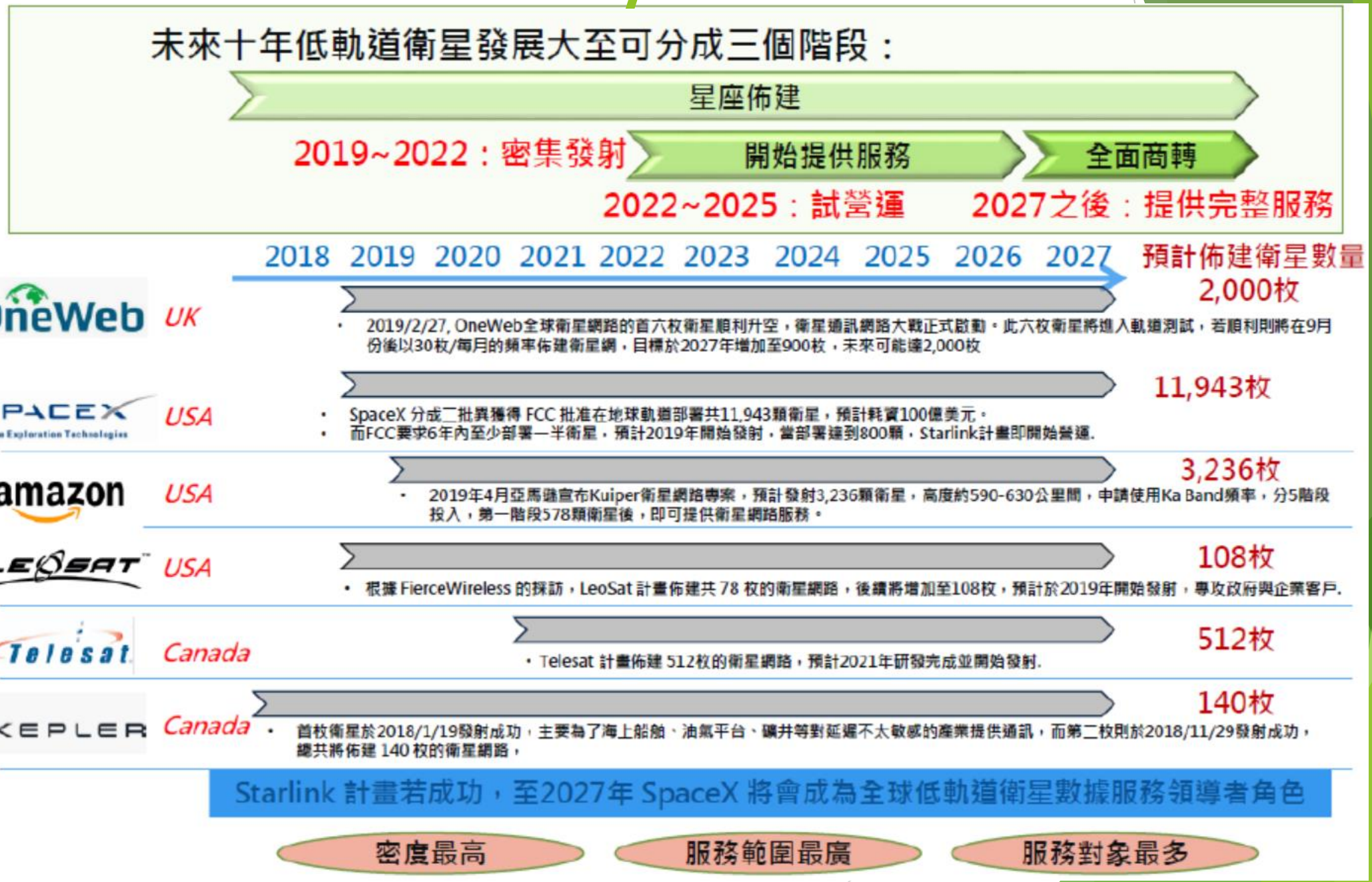
挑戰

- 相較於傳統用於LTE的蜂巢式頻段(如2GHz)，毫米波的路徑損失高出許多，因此只能覆蓋幾百英尺以內的範圍

- 毫米波訊號另一項弱點，就是很容易受到日常物品的阻擋，舉凡人體、牆壁、樹木，或者惡劣天氣也會訊號造成訊號阻擋

- 透過波束成形和波束追蹤技術，利用多訊號路徑和訊號反射，解決易受阻擋的問題
- 如高通已開發回饋演算法，發展非直線視距(NLOS)傳輸及非直線視距行動毫米波

5G/B5G


未來十年低軌道衛星發展大至可分成三個階段：
星座佈建
2019~2022：密集發射
開始提供服務
全面商轉
2022~2025：試營運
2027之後：提供完整服務
2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027
預計佈建衛星數量
OneWeb UK
2,000枚
2019/2/27, OneWeb全球衛星網路的首六枚衛星順利升空，衛星通訊網路大戰正式啟動。此六枚衛星將進入軌道測試，若順利則將在9月份後以30枚/每月的頻率佈建衛星網，目標於2027年增加至900枚，未來可能達2,000枚
SPACEX Space Exploration Technologies USA
11,943枚
SpaceX 分成二批異獲得 FCC 批准在地球軌道部署共11,943顆衛星，預計耗資100億美元。
而FCC要求6年內至少部署一半衛星，預計2019年開始發射，當部署達到800顆，Starlink計畫即開始營運.
amazon USA
3,236枚
2019年4月亞馬遜宣布Kuiper衛星網路專案，預計發射3,236顆衛星，高度約590-630公里間，申請使用Ka Band頻率，分5階段投入，第一階段578顆衛星後，即可提供衛星網路服務。
LEOSAT USA
108枚
根據 FierceWireless 的採訪，LeoSat 計畫佈建共 78 枚的衛星網路，後續將增加至108枚，預計於2019年開始發射，專攻政府與企業客戶.
Telesat Canada
512枚
Telesat 計畫佈建 512枚的衛星網路，預計2021年研發完成並開始發射.
KEPLER Canada
140枚
首枚衛星於2018/1/19發射成功，主要為了海上船舶、油氣平台、礦井等對延遲不太敏感的產業提供通訊，而第二枚則於2018/11/29發射成功，總共將佈建 140 枚的衛星網路，
Starlink 計畫若成功，至2027年 SpaceX 將會成為全球低軌道衛星數據服務領導者角色
密度最高
服務範圍最廣
服務對象最多

5G/B5G

- 低軌道衛星通訊可做到低延遲，與行動通訊網路相互搭配，應用於車輛、飛機或船舶等移動平台或偏遠地區，提供100%覆蓋率之寬頻網路等服務。
- 低軌衛星及用戶終端設備趨於小型化、平價化後，通訊應用勢必快速普及。

海運

4G/5G行動回傳網路(backhaul)

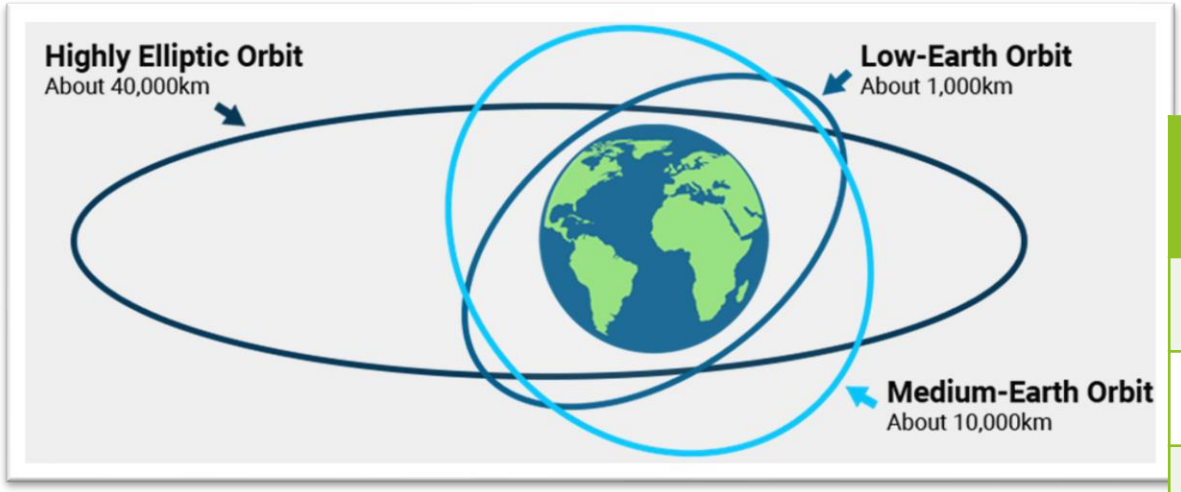
航空

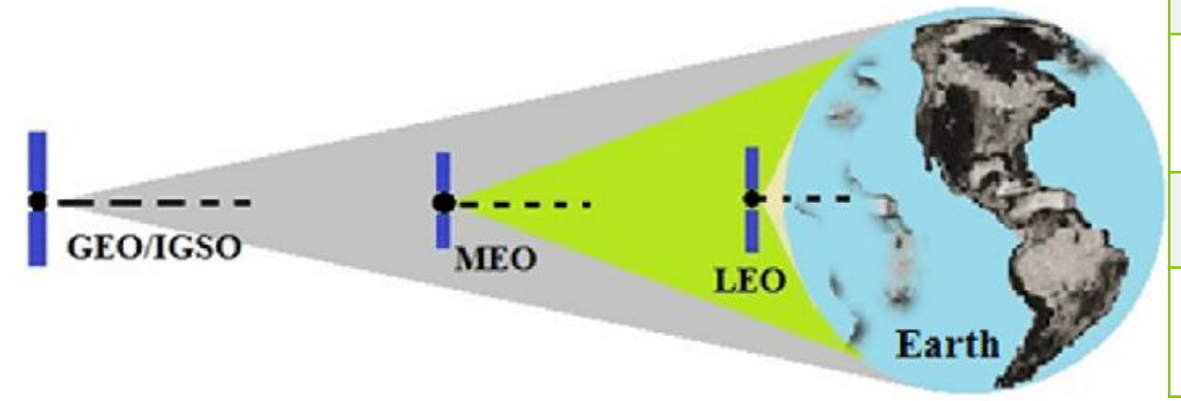
車載通訊

小型基地台

5G/B5G

- 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	傳輸延遲中	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

5G/B5G

1

- 愛立信（Ericsson）與倫敦國王學院合作設立觸覺互聯網(Tactile Internet)實驗室，進行5G應用及人機互動的研發，外科醫生透過虛擬實境（VR）設備和觸覺手套，藉由機器人對患者進行遠端手術及精準的醫療診斷(如觸診)

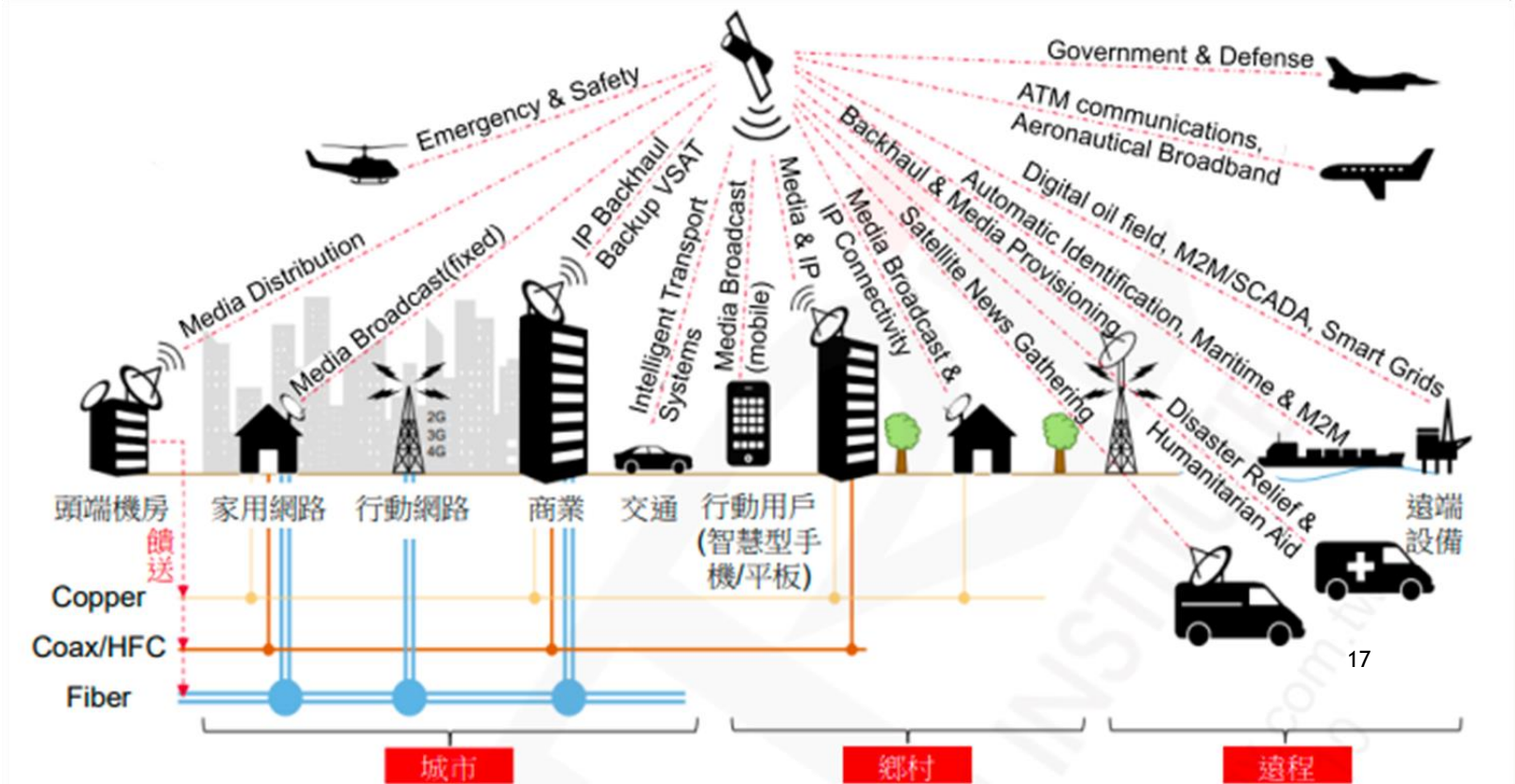
2

- 德國西門子將5G系統與未來智慧工廠主流通訊標準時效性網路(Time Sensitive Networking，TSN)整合，同時連接、控制多個工廠機器人，未來對於汽車製造、機械工程、食品飲料等產業自動化應用將帶來極大的優勢。

觸覺傳遞遙操作機器手臂
(Shadow Robot)

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

靠近地球

優勢

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。

挑戰

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

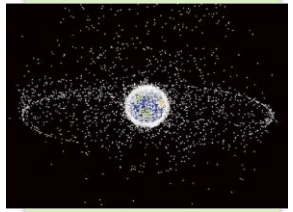
- 經營成本有望逐步降低。
- 政府正視數位落差且有意解決提供補助。
- 低軌衛星產業進步，進而帶動地面設備及元件廠商更多商業機會。

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

SPACEX

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

OneWeb

- 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。

amazon | project kuiper

- 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。

planet.

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

spire

- 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。

iridium

- 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。

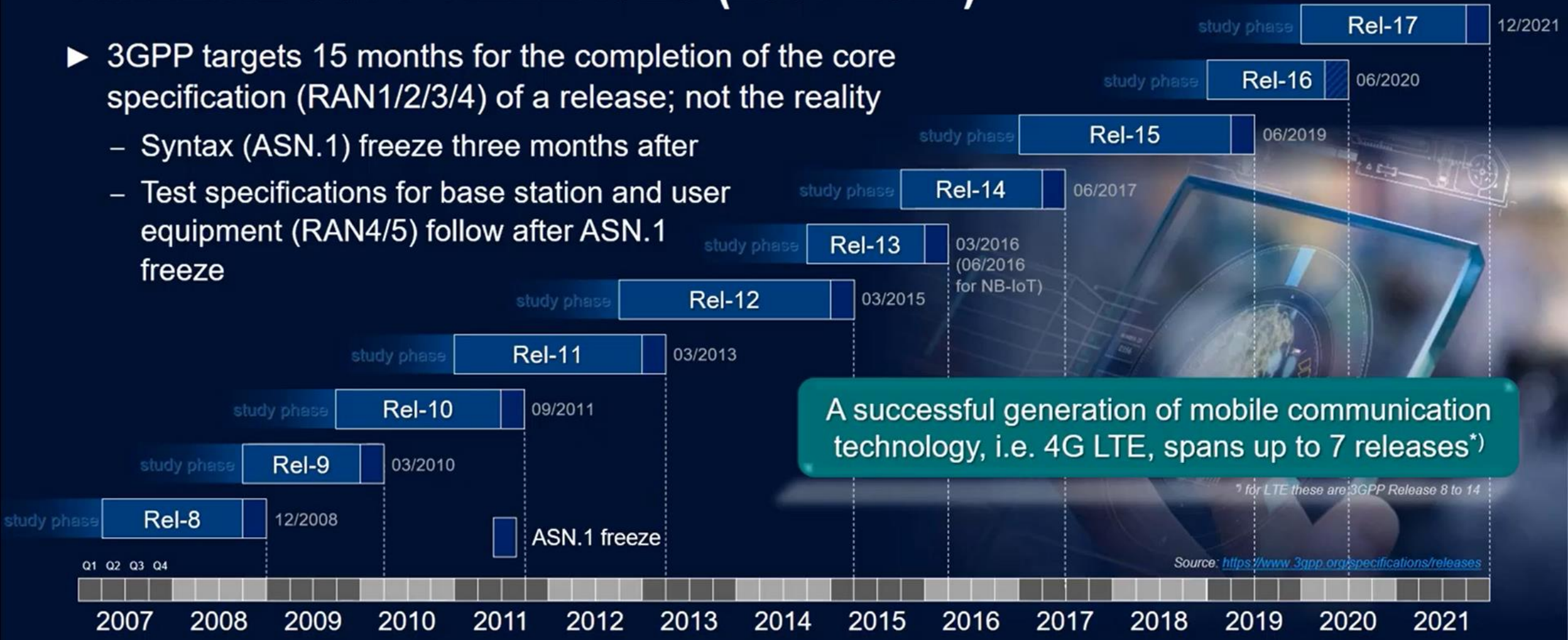
Outline

- Introductions
- Scenarios for 5G/B5G
- **What next? for 6G**
  - **Satellite communications**
  - **Sub-terahertz communication**
- Develop roadmap for future applications

What's Next? 6G

TIMELINE 3GPP RELEASES (2007-2021)

- 3GPP targets 15 months for the completion of the core specification (RAN1/2/3/4) of a release; not the reality
  - Syntax (ASN.1) freeze three months after
  - Test specifications for base station and user equipment (RAN4/5) follow after ASN.1 freeze



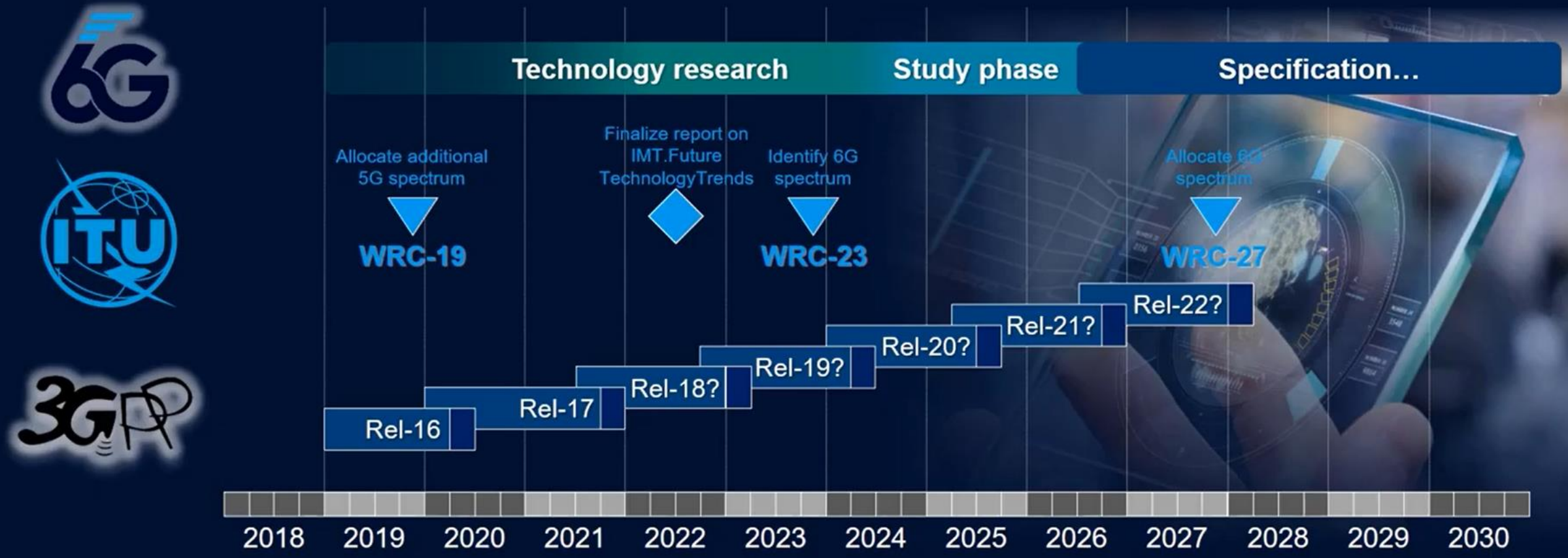
A successful generation of mobile communication technology, i.e. 4G LTE, spans up to 7 releases*)

*) for LTE these are 3GPP Release 8 to 14

Source: https://www.3gpp.org/specifications/releases

What's Next? 6G

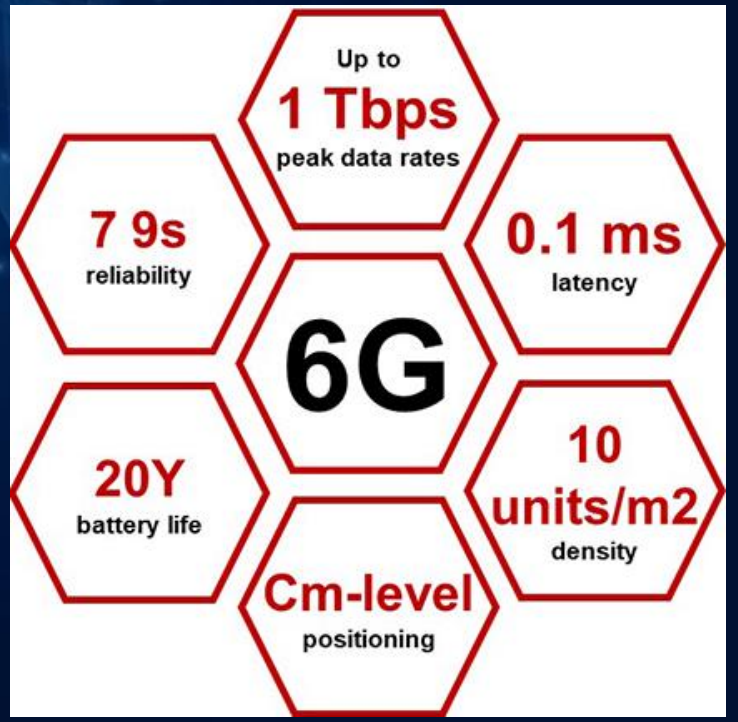
FUTURE REGULATORY AND STANDARDIZATION ROADMAP



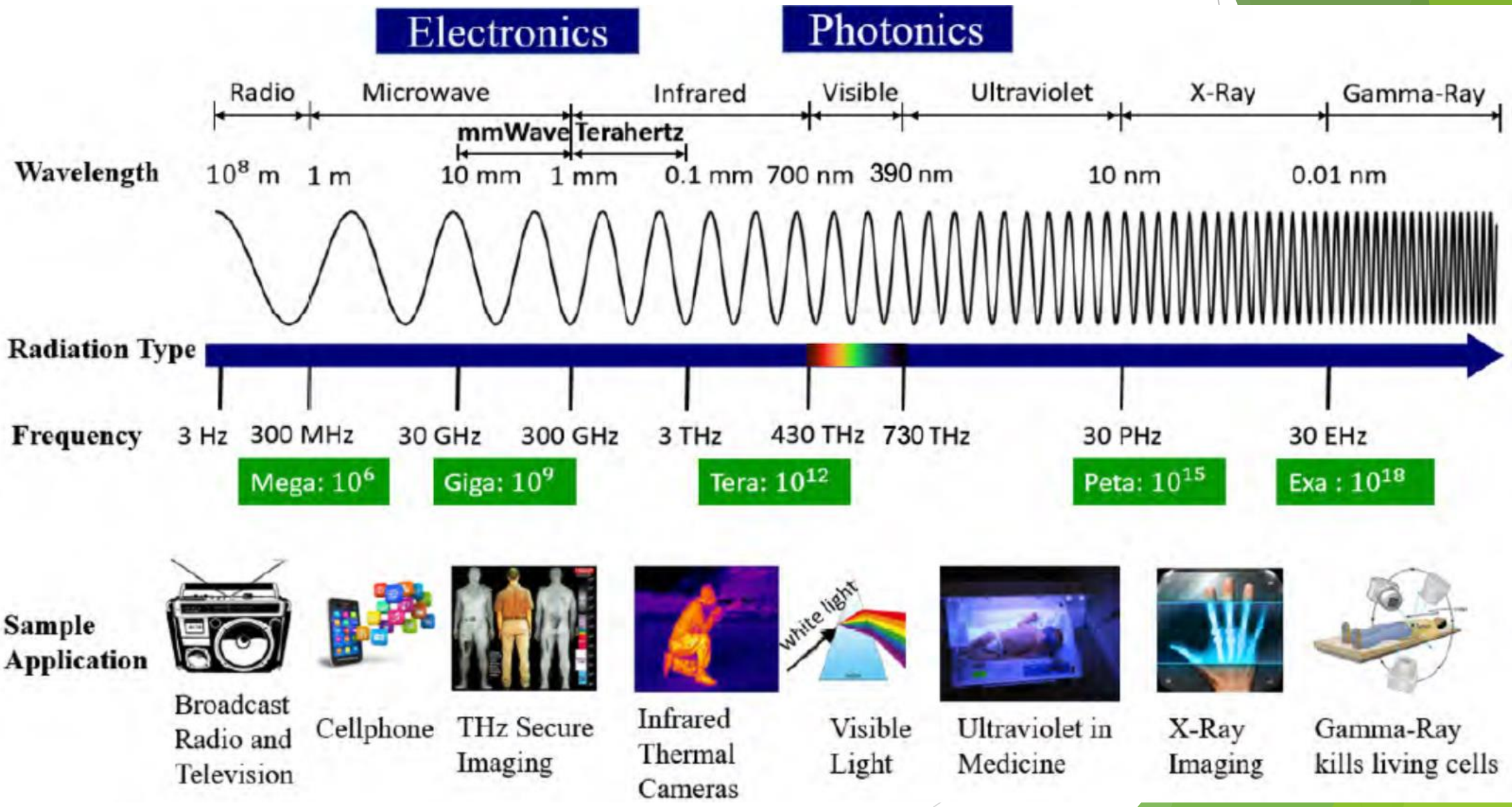
What's Next? 6G

#THINKSIX

6G → 2028?



What's Next? 6G



What's Next? 6G

Extreme capacity xHaul

1 Tbps transport, for:

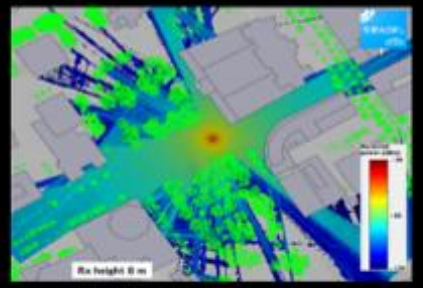
- Dense massive MIMO network,
- Cell free network architecture,
- Massive could & edge computing,
- Enhanced broadband fixed access,
- …

- 200+ meters range
- Indoor/Outdoor
- Low energy constraints

Enhanced hotspot

100+ Gbps per cell

- High speed download,
- Kiosk, digital shower
- Enhanced immersive experience,
- Industrial IoT
- …



- 10+ meters range
- Indoor
- DL low energy constraints

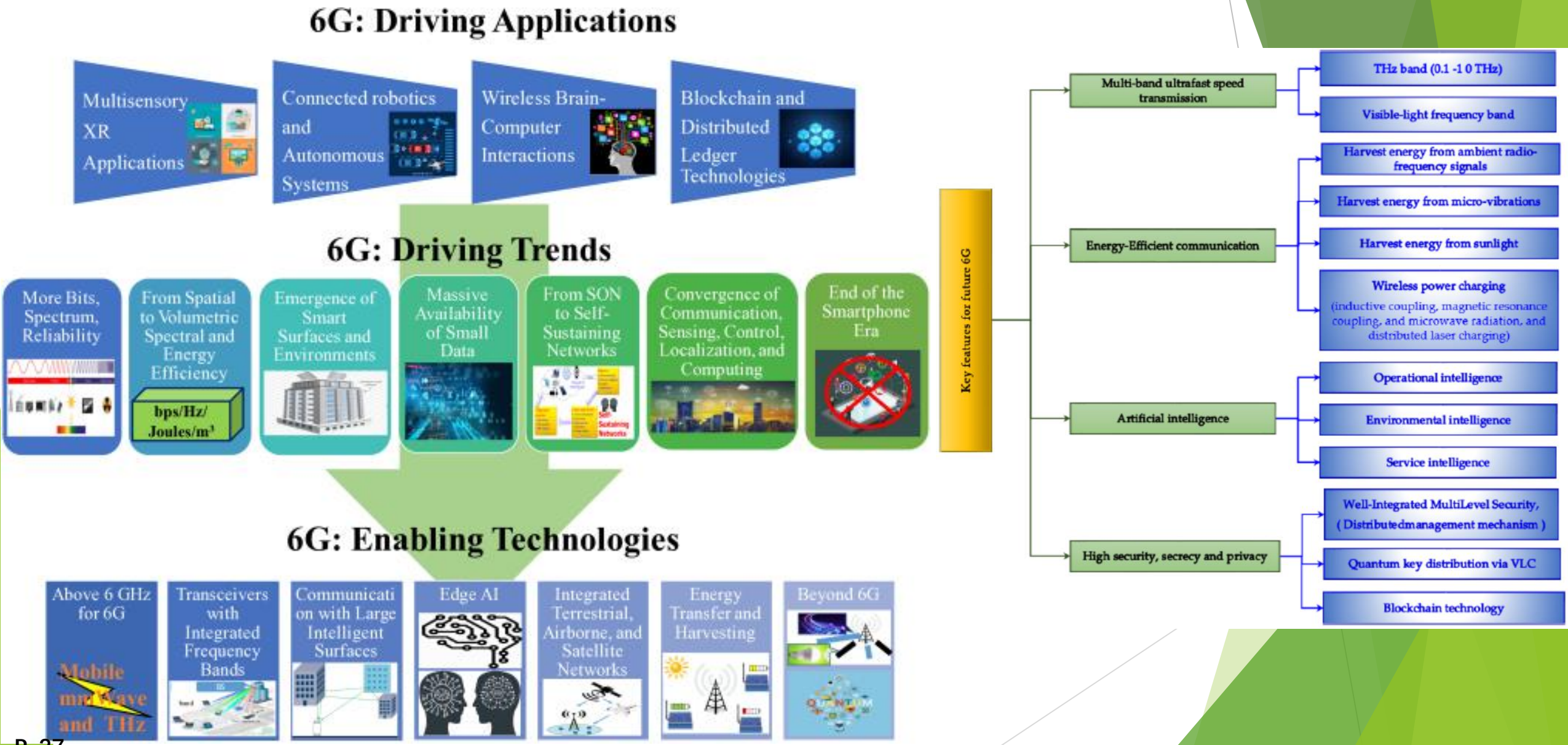
Device-to-Device

10-100+ Gbps P2P

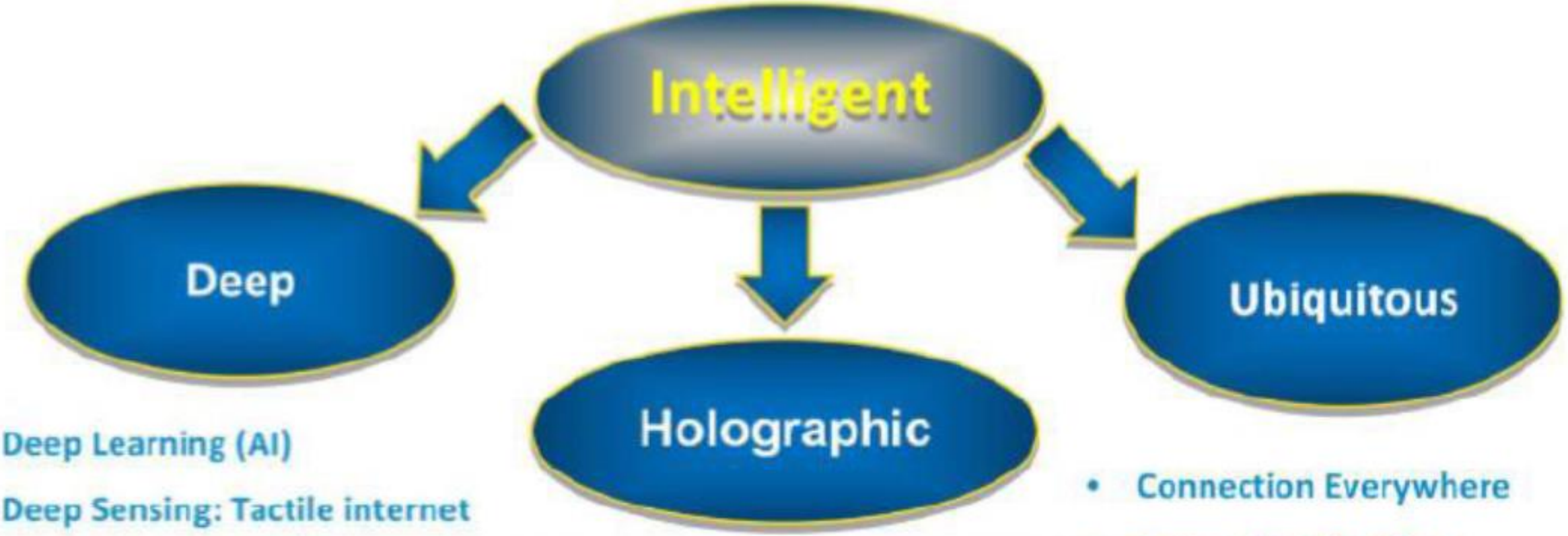
- Connector less applications,
- Server farm
- Inter-chip communication
- Intra chip communication
- …

- 2+ meters range
- Indoor
- High energy constraints

What's Next? 6G



What's Next? 6G

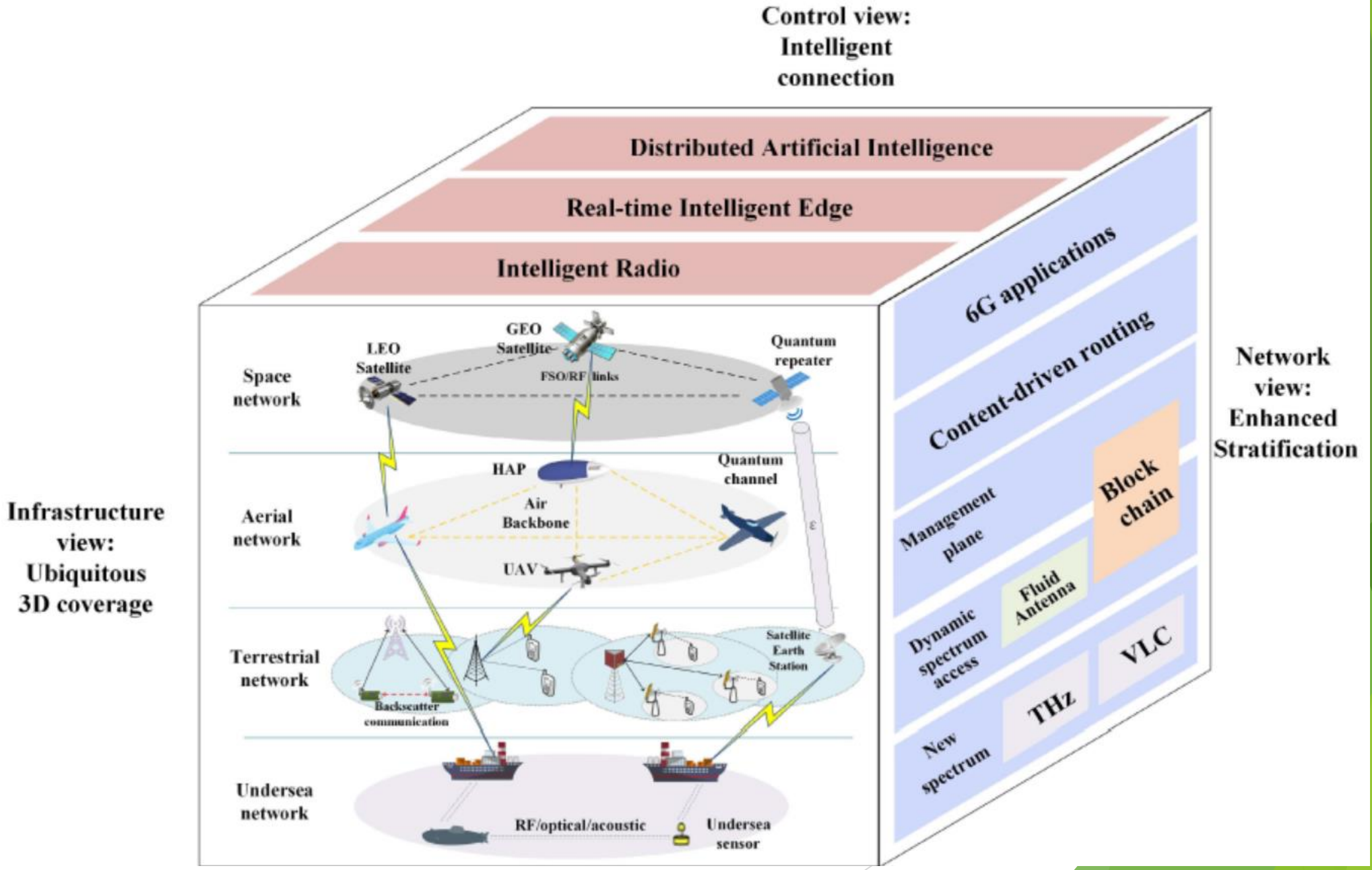


- Deep Learning (AI)
- Deep Sensing: Tactile internet
- Deep Mind (Telepathy): mind-to-mind communication

- Holographic Communications
- AR/VR Pervasive/Everywhere
- Ultra-high-fidelity AR/VR

- Connection Everywhere
- Connection Anytime
- Air, Space, Ground and Sea

What's Next? 6G



What's Next? 6G

Outline

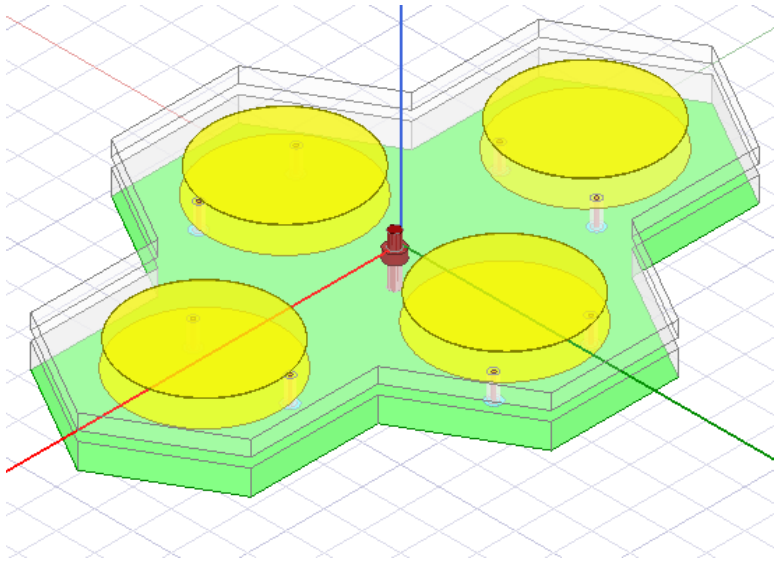
- Introductions
- Scenarios for 5G/B5G
- What next? for 6G
  - Satellite communications
  - Sub-terahertz communication
- **Develop roadmap for future applications**

2022 DC Sat-show

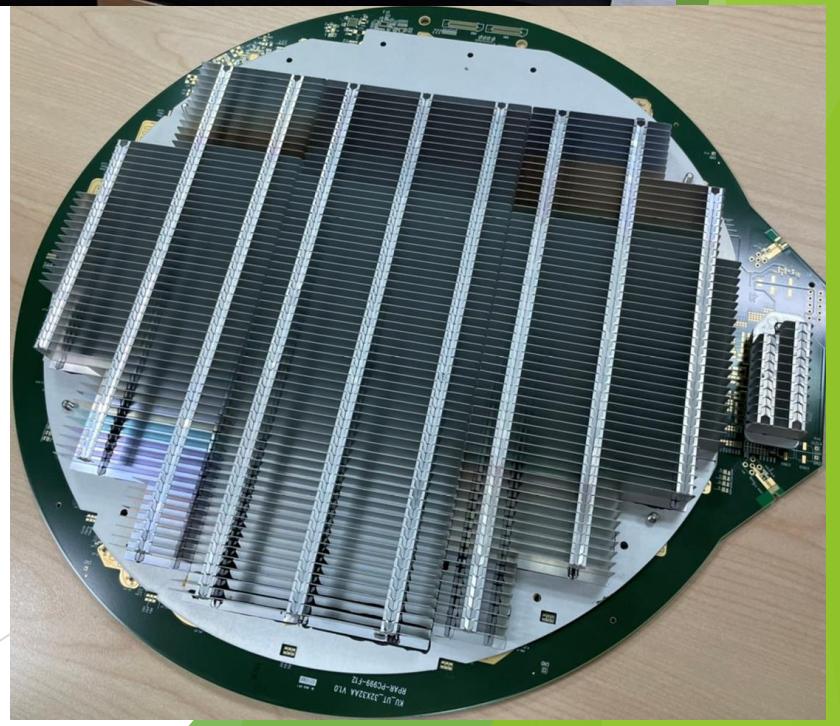
Tx/Rx single panel design for UT application

Product spec. for Tx/Rx single panel array

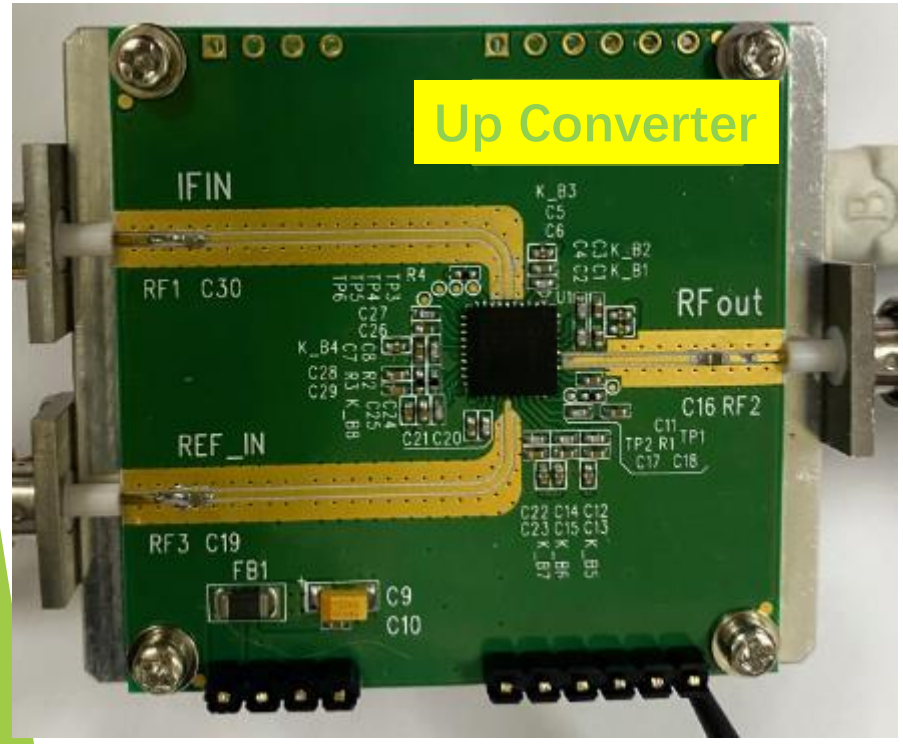
- EIRP: >34 dBW
- G/T: >7 dB/k
- Beam switching time: <0.5 mS
- DC power consumption: <150 W
- UC/DC embedded
- Polarization: RHCP for Rx, LHCP for Tx

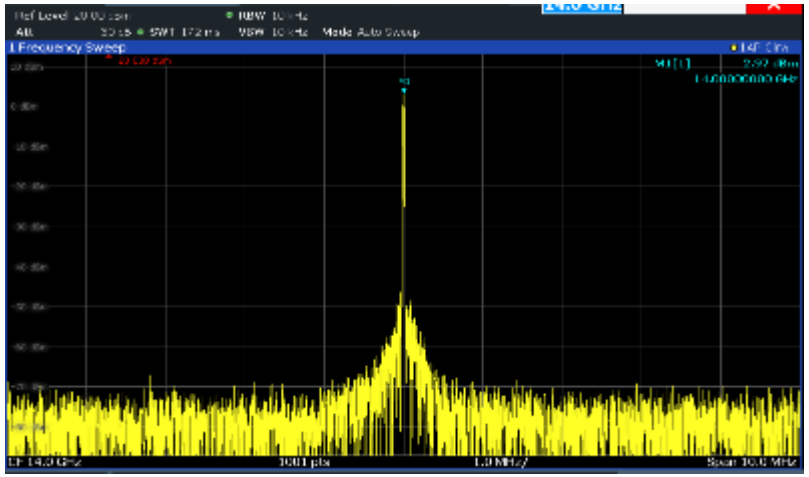


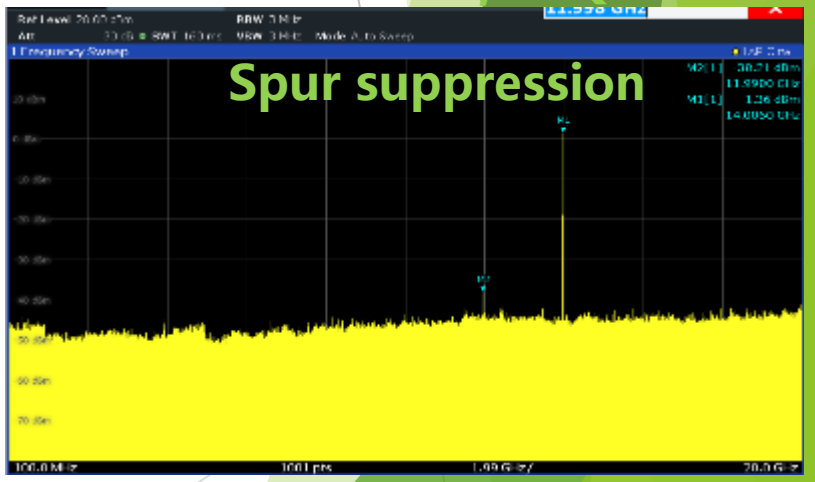
2x2 unit cell



Ku-band UDC module for UT



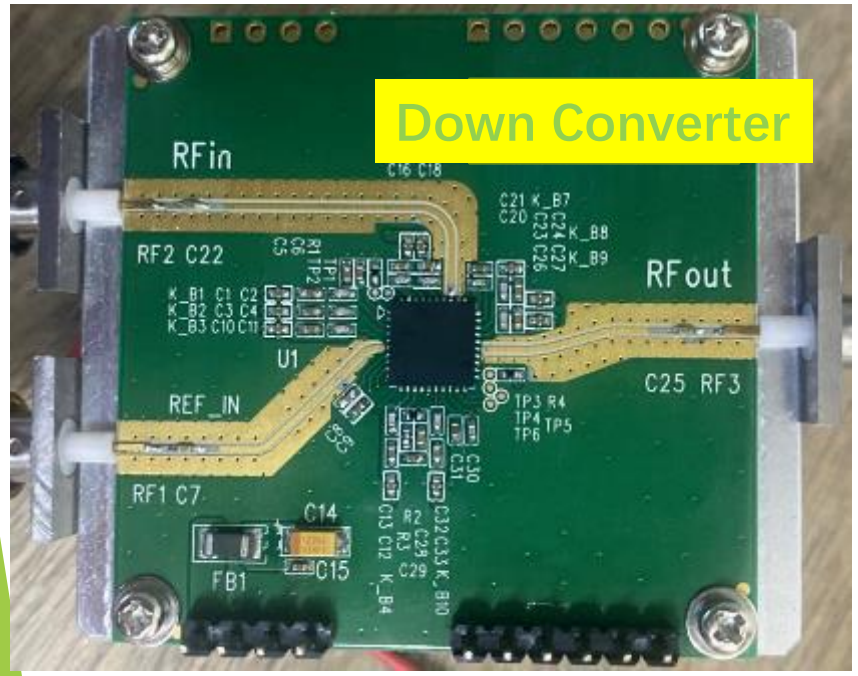


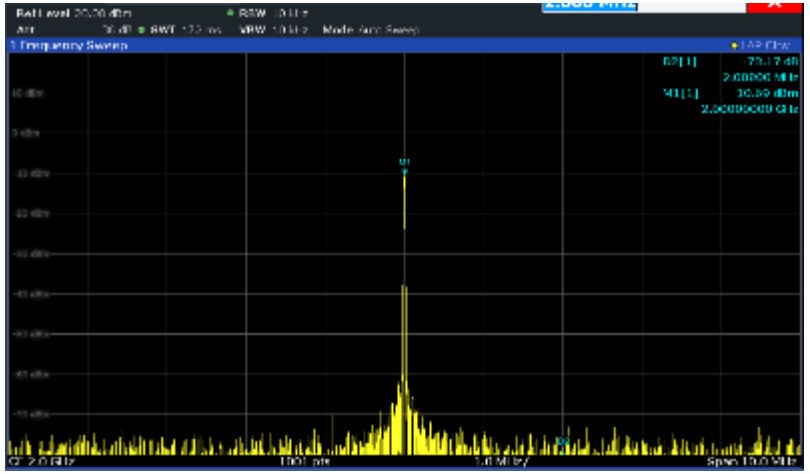


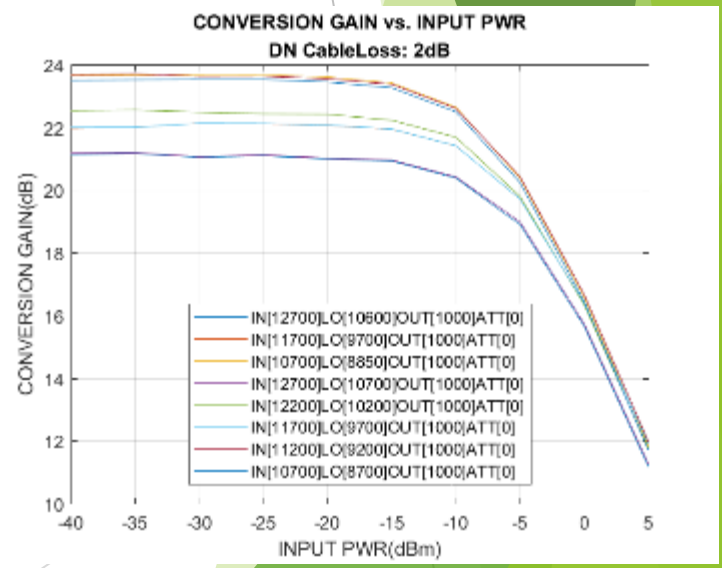
Ku band UC module

- Embedded synthesizer within single chip
- Conversion gain: ~15 dB

Ku-band UDC module for UT



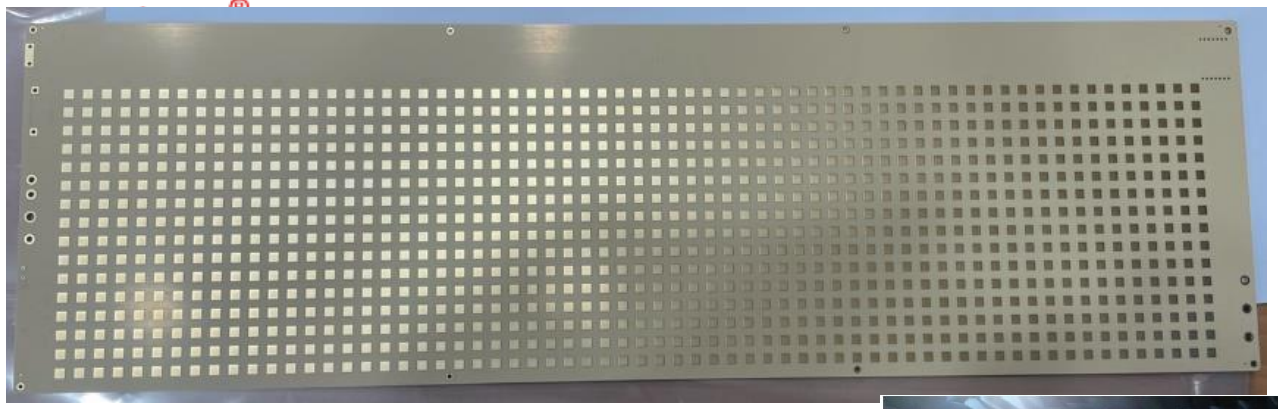


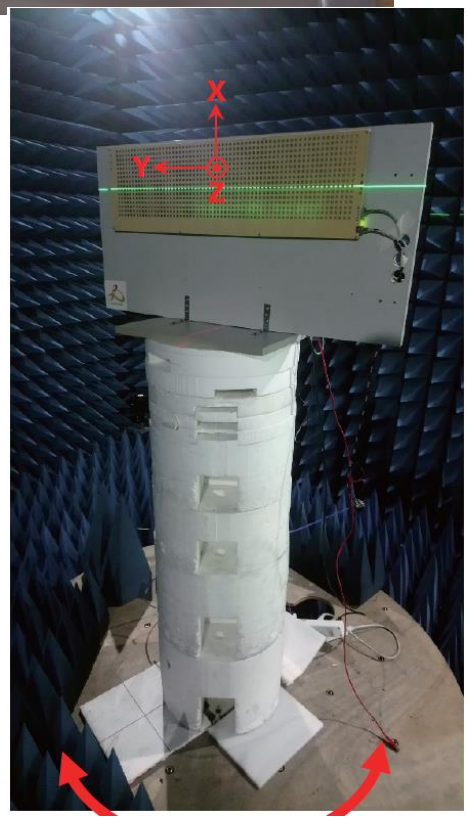


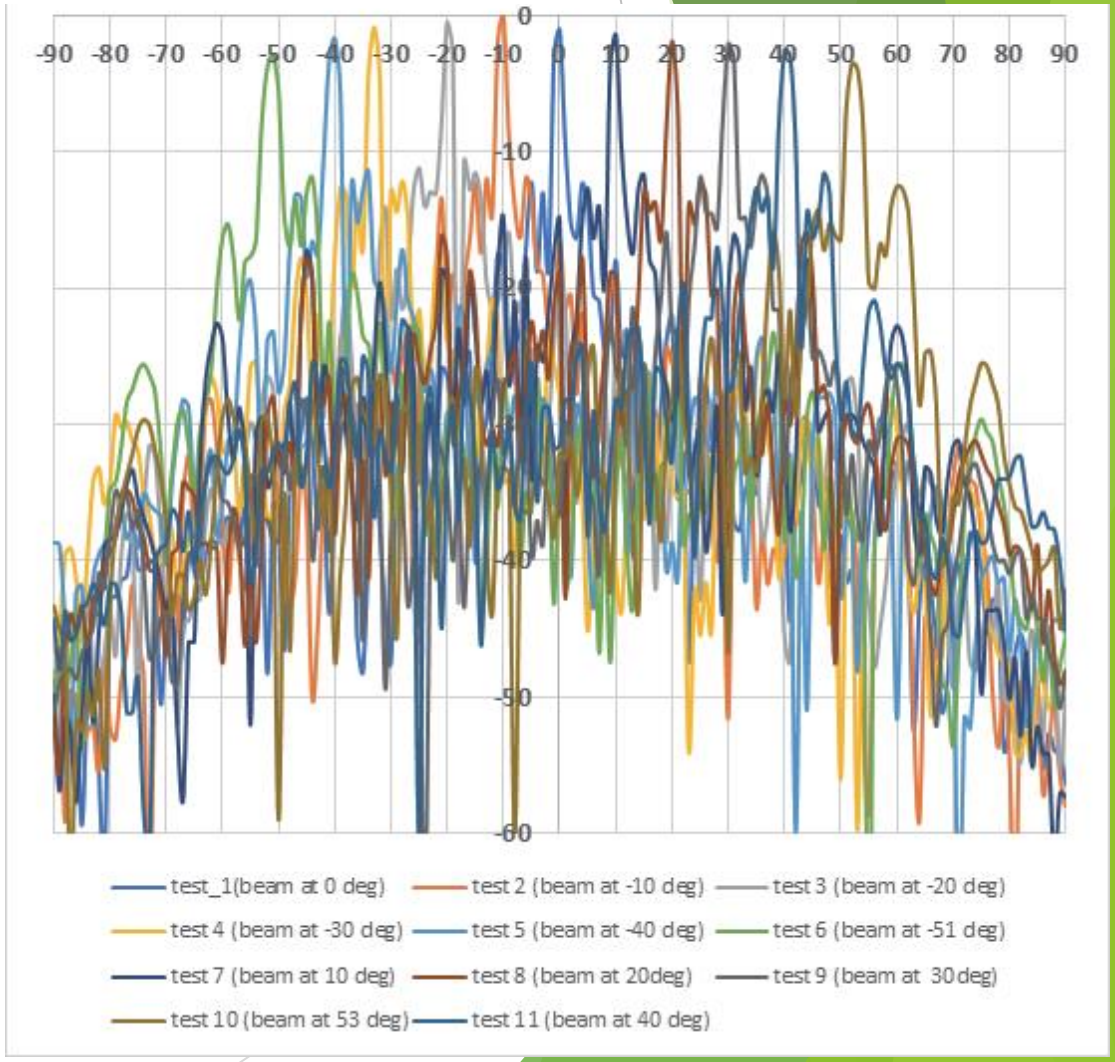
Ku band DC module

- Embedded synthesizer within single chip

Tx 16x64 array module for payload application



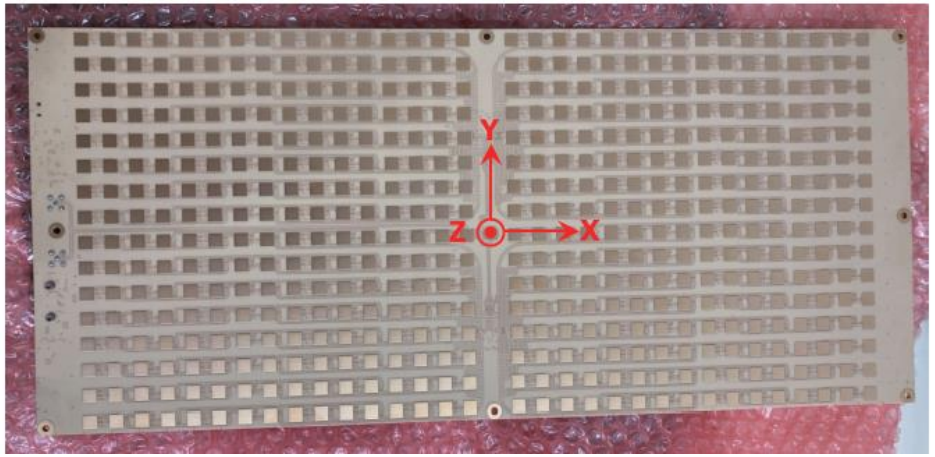


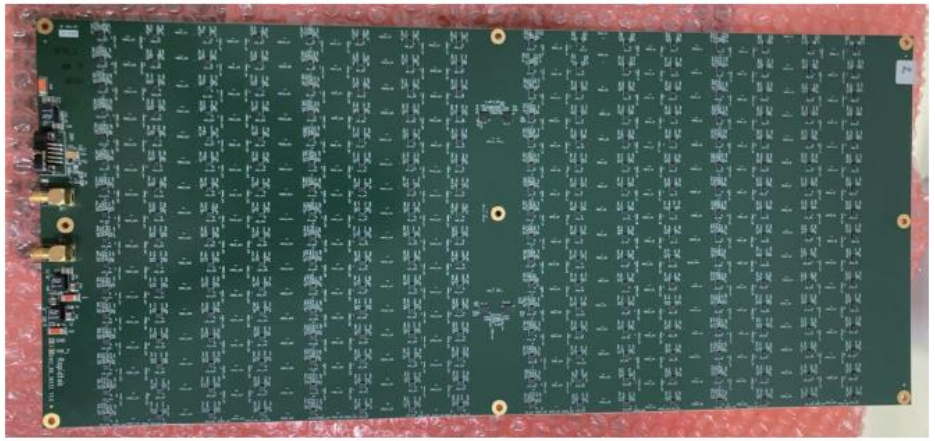


Product spec. for Tx array

- EIRP: >39 dBW
- Active array gain: >70 dBi
- Power consumption: <50 W
- Beam scan area: +- 50 degree (AZ)

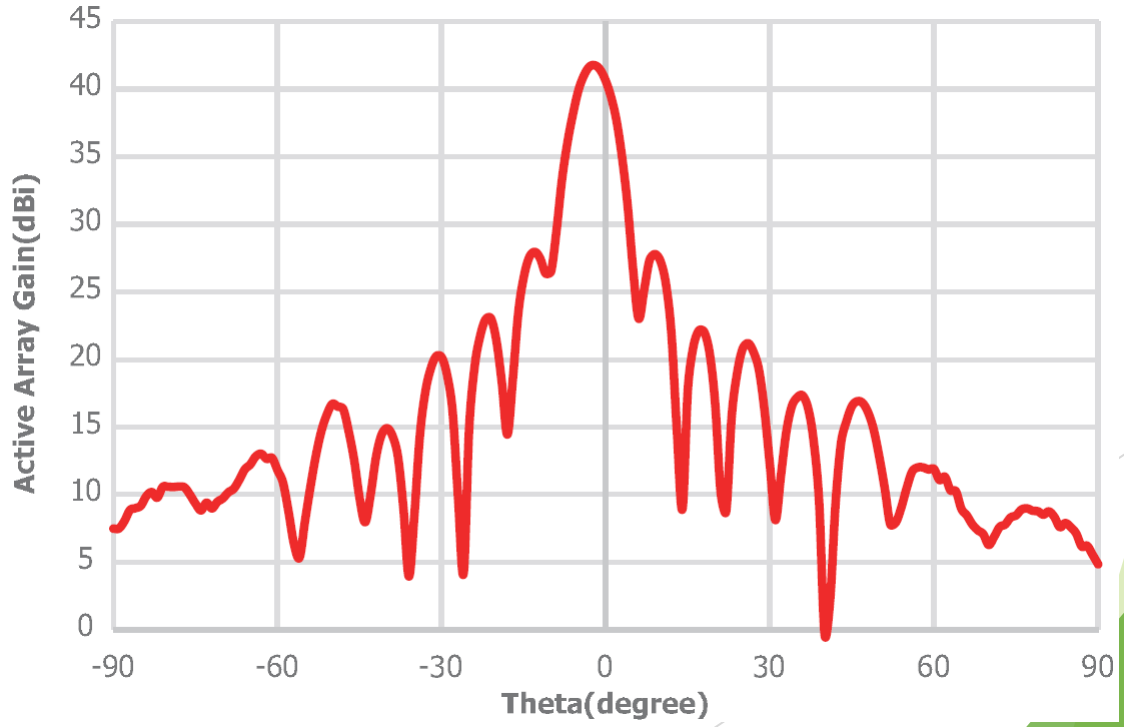
Rx 16x32 array module for payload application





Product spec. for Rx array

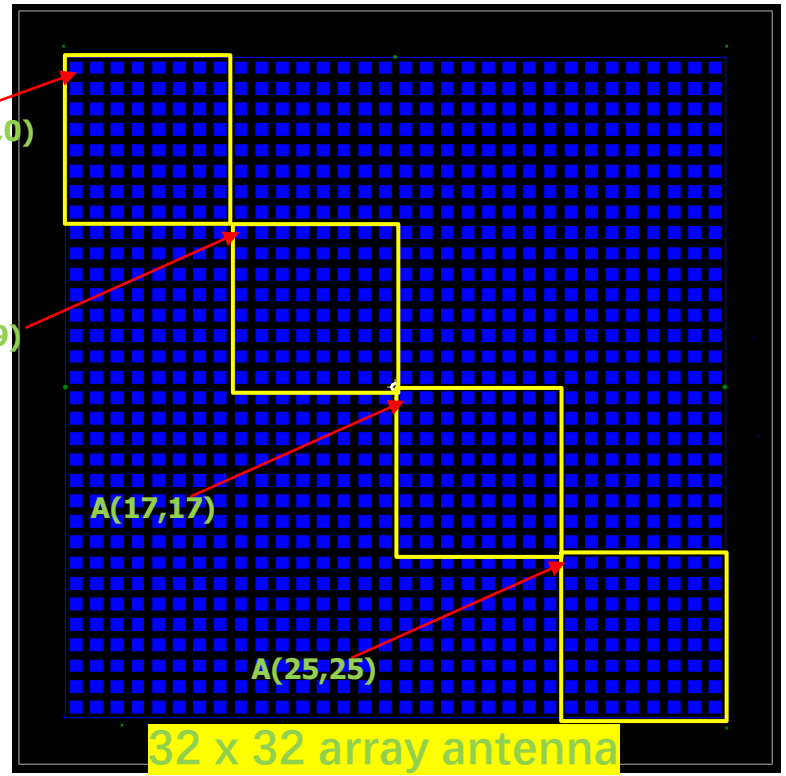
- G/T: ~ 5 dB/k
- Active array gain: >42 dBi
- Power consumption: <10 W
- Beam scan area: +- 50 degree

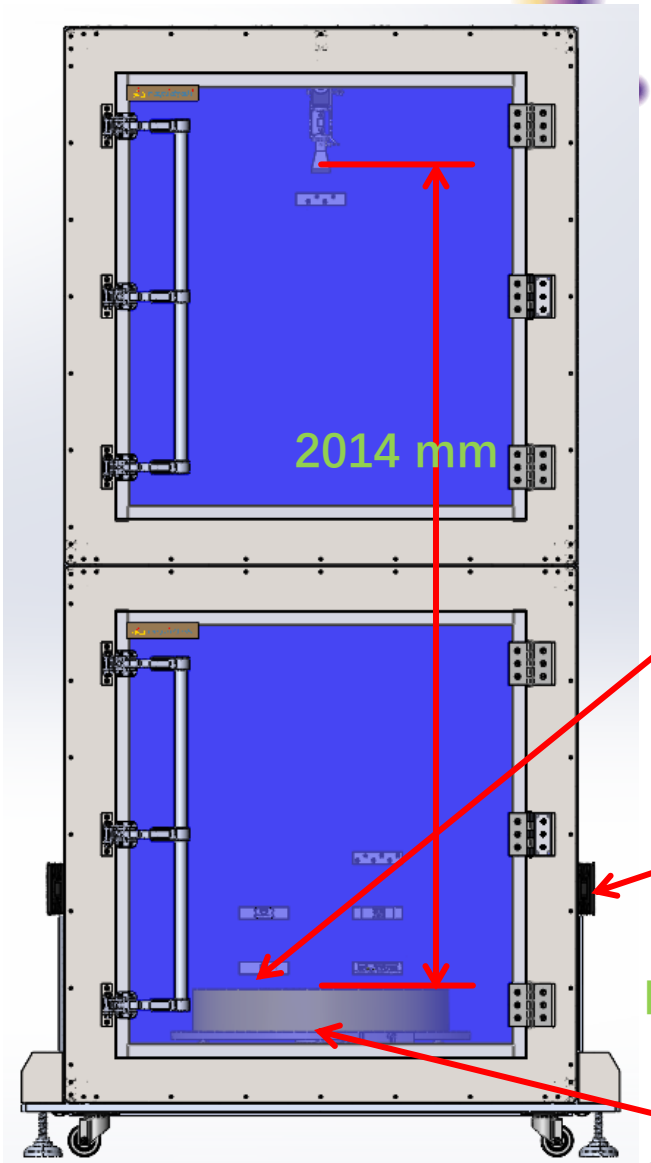


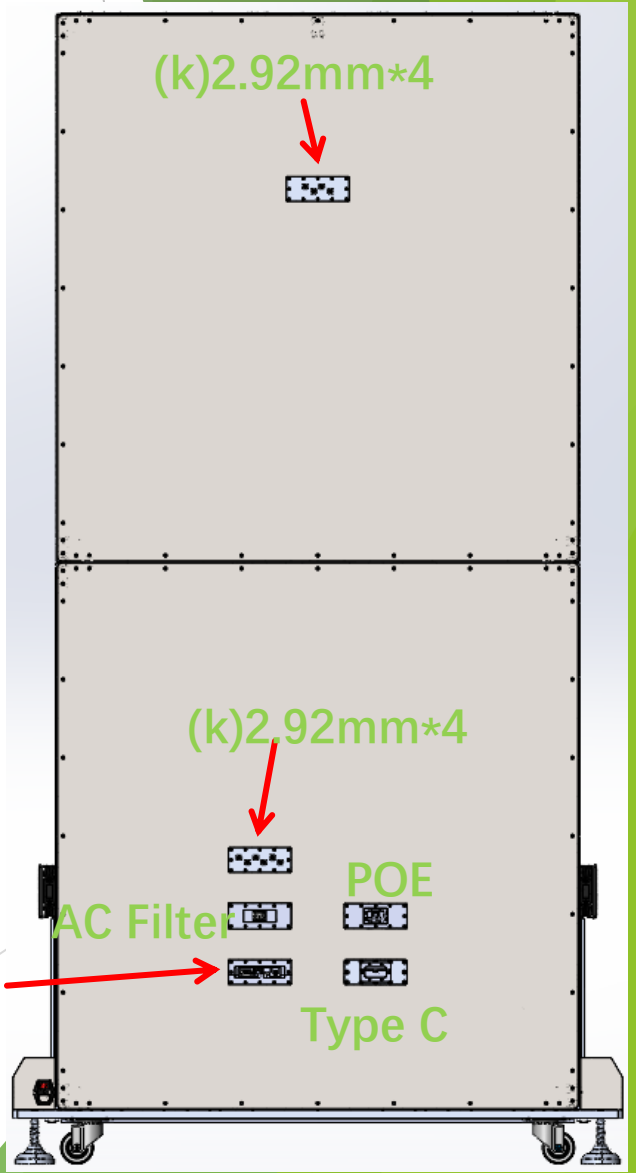
Shielding box design for large array calibration

Developed:
Single element calibration procedure

Under-develop:
Multi-element calibration procedure







Rapidtek product develop roadmap

Mobile Communication

Automotive/Sensing

LEO Satellite

BEST Partner

-

Rapidtek