

# 國際高空平臺（HAPS）之崛起與發展趨勢

# HAPS



~高空通訊平臺論壇~

台灣經濟研究院研究四所

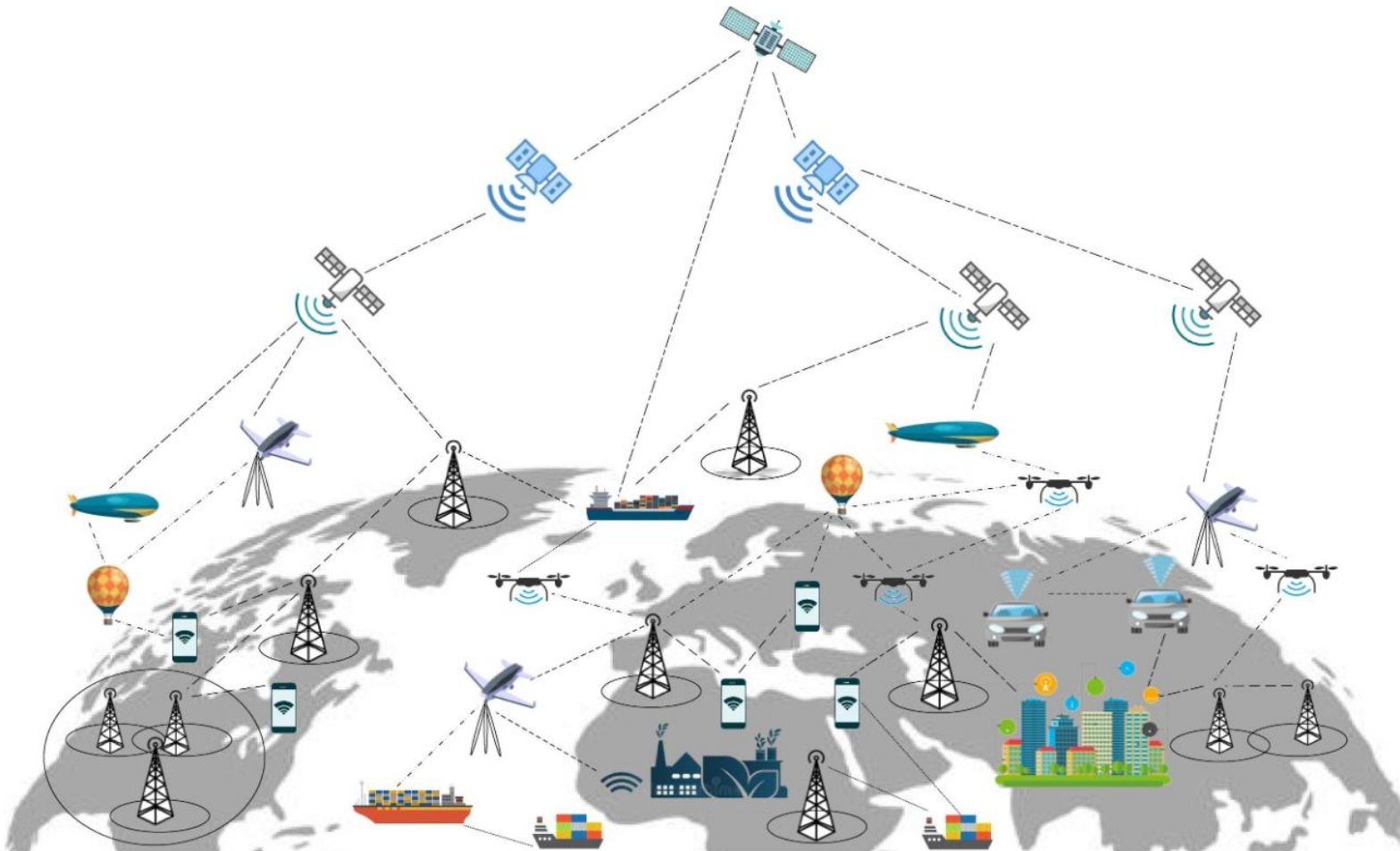
鍾銘泰 博士

# 簡報大綱

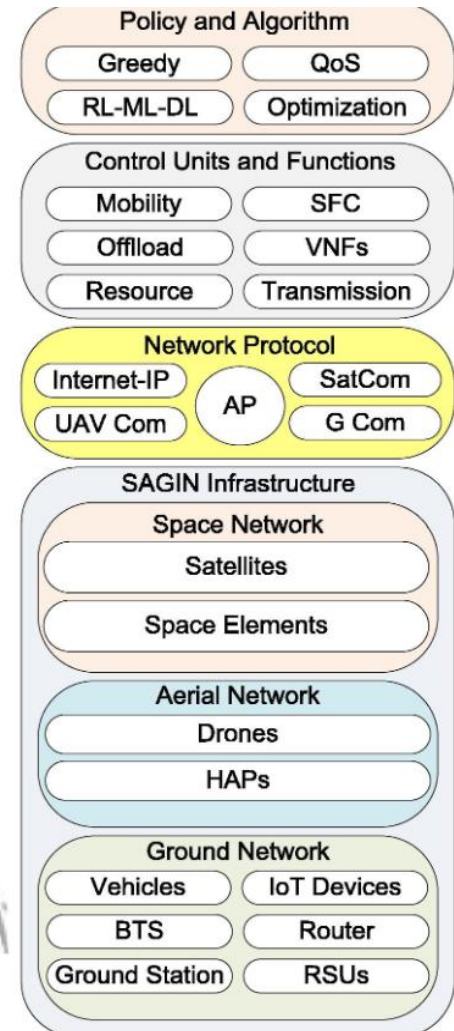
非地面網路 ( NTN )	p.3
高空平臺 ( HAPS ) 的崛起	p.4
HAPS定義	p.5
HAPS重要性與市場潛力	p.6
HAPS類型、技術與運作模式	p.8
HAPS關鍵應用	p.11
HAPS業者發展現況與案例	p.12
國際與我國HAPS政策與發展趨勢	p.14
HAPS挑戰	p.15
結語	p.16

# 非地面網路 (NTN)

- 非地面網路技術：結合不同軌道的衛星、高空平臺 (HAPS)、無人飛行載具 (UAS) 的多軌道混合架構。
- 學界提出**太空、空中及地面整合網路** (space-air-ground integrated network, SAGIN) 概念，指**衛星系統與空中網路**等**非地面網路**，以及行動網路與固定網路等**地面網路**作為一體之網路架構。



- - - - - Free Space Optical Communication      - - - - - mmWave Communication      - - - - - UAV Communication  
 ———— Deep Sea Communication      - - - - - Autonomous Vehicle Communication      - - - - - BTS Communication



# 高空平臺（HAPS）的崛起

- **高空平臺（High Altitude Platform Station, HAPS）**：架設於平流層的新一代通訊平臺，其位置介於地面通訊和衛星通訊之間，滯空時間可長達數月至1年，具有大範圍涵蓋，以及固定於空中指定範圍的特性。
- **發展潛力**：平流層位處地表之外、太空邊緣，是尚未開發的區域，具有巨大的開發潛力。
- **技術進步**：過去10年，在人工智慧、新材料、太陽能電池和平臺設計等技術進步下，加強HAPS平臺，提供更靈活且長久的解決方案。
- **填補需求缺口**：HAPS技術利用和加強現有基礎設施，填補地面網路、載人、無人機系統和衛星之間的缺口。



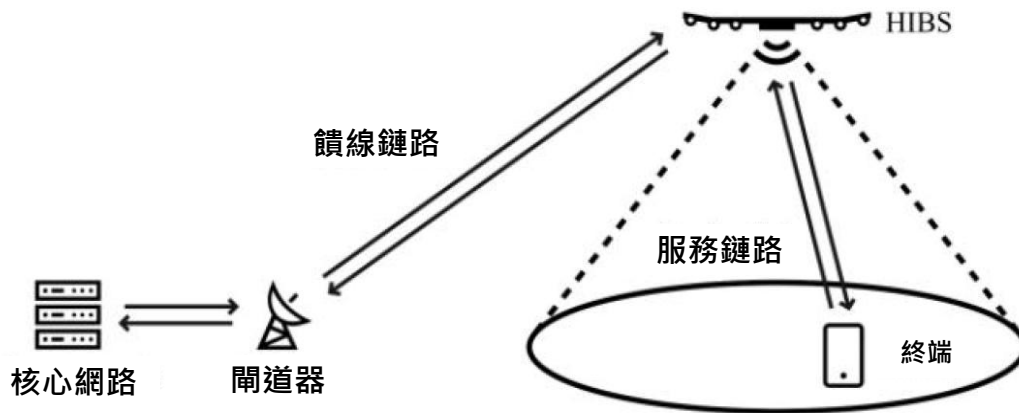
# HAPS定義



- 國際電信聯盟 ( ITU ) 《無線電規則 ( Radio Regulations ) 》將**HAPS定義為位於海拔20至50公里平流層中的平臺，在其上安裝一個或多個通訊用途的無線電臺，作為通信系統的節點。**

高空平臺作為國際行動通信系統基地臺  
( High-altitude platform stations as IMT  
base stations, HIBS )

ITU定義HIBS：HAPS作為國際行動通信系統基地臺，**使用與地面IMT基地臺相同的頻段。**



# HAPS重要性



## 提供全球網路連接

- 世界超過40%的人口仍無法接取網路，尤其在**缺乏穩定電力**的偏遠地區。
- HAPS能夠在傳統電信網路未提供服務的地區，提供網際網路連接。
- HAPS可**縮小數位落差**，提供與地面行動基地臺鐵塔相當的網路延遲，但地理涵蓋範圍更廣。



## 自然災害後提供緊急通訊

- 以2020年為例，全球共發生416次自然災害，往往破壞地面通信系統，削弱必要的緊急和軍事通信。
- HAPS位於平流層，**不受地面災害影響**，在災害發生時提供足夠的機動性、協助救援和恢復工作的能力。
- 若地面閘道器損壞，HAPS可透過運作的地面閘道器中繼網路提供連接。



## 因應氣候變遷引發的事件

- HAPS**提供緊急應變人員即時現況觀測和通信**：災難應變人員能在野火蔓延前分析風險，以調整任務優先順序、消防人員佈署，並在需要執行救援和疏散任務地區投入更多關注。

# HAPS市場潛力



- 太空產業市場諮詢機構NSR於2023年發布《高空平臺 ( High Altitude Platforms ) 》報告指出，**隨著服務需求單位穩定增加，HAPS市場愈來愈受到重視。**
- 該報告預測，自2020年至2029年**HAPS市場累積收入達40億美元**，來自市場需求以及企業、大學和政府航太機構科學研究和資金的增加。



- 歐洲國際邊界管理署 ( Frontex ) 發布的HAPS市場報告預測，從2019年至2029年，HAPS累計市場產值可望達到**35億歐元**。其中，以高空長航程飛行器 ( Heavier-Than-Air, HTA ) 所占市場比例最高，顯示在多種HAPS技術中最具商業潛力。
- 就地區發展而言，預期北美將成為HAPS市場規模最大的區域，其次為歐洲。



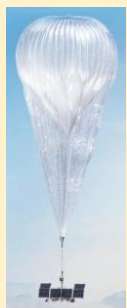
- 世界經濟論壇 ( WEF ) 2024年發布《十大新興技術報告》指出，**低延遲、成本下降、更高容量、硬體升級便利與快速部署等優勢，是極具吸引力的商業命題。**
- 該報告指出，2023年HAPS市場規模為7.833億美元，預期自2023年至2033年之間將以年均10.4%的成長率擴展。

# HAPS類型

- **HAPS類型**：可分為LTA ( Lighter-Than-Air ) 與HTA ( Heavier-Than-Air ) 兩種類型，前者包括**高空氣球、飛行船**，而後者則為**固定翼無人機**。HTA 技術發展相對較受重視。
- **與衛星不同處**：HAPS相較於衛星具備**穩定飛行、低延遲**等優勢，HAPS可持續性提供局部地區服務。

## 高空氣球 ( LTA )

- 由聚乙烯氣球、降落傘、航空電子設備和有效載荷組成。
- **使用現代抗壓氣球**，設計簡單且可有效擴展載荷，能攜帶幾公斤到幾噸的有效載荷。
- 主要特點和優勢：
  - 持續時間長 ( 數月 )
  - 快速佈署
  - 廣涵蓋
  - 負載容量大
  - 低成本接取



## 飛行船 ( LTA )

- 隨著輕質材料和電池技術進步，飛艇現在可利用高太陽輻照和溫和的風到達約距地20公里的高度。
- 船體設計成**飛艇或脊狀結構**，推進系統提供機動性和定位能力。
- 主要特點和優勢：
  - 持續時間長 ( 數月 )
  - 高機動性
  - 負載容量大
  - 依靠浮力 ( 氦氣、氫氣 )
  - 太陽能電池表面積大



## 固定翼無人機 ( HTA )

- 主要由**太陽能供電**，白天利用陽光為電池充電，晚上電池為飛機提供動力。
- 電池和太陽能板技術的最新進展，**裝設在固定翼平臺**。
- 主要特點和優勢：
  - 持續時間長 ( 數月 )
  - 體積小和阻力小，機動性高
  - 更廣泛的營運範圍
  - 操作更靈活，實現持續涵蓋或易於任務重分配



# HAPS技術支持

當前技術進步使得HAPS平臺成為可能



- **新材料：**

平流層飛行器的材料不斷改進，著重**耐用性和小型化**，除可降低成本並能有效運行，以執行飛行任務。

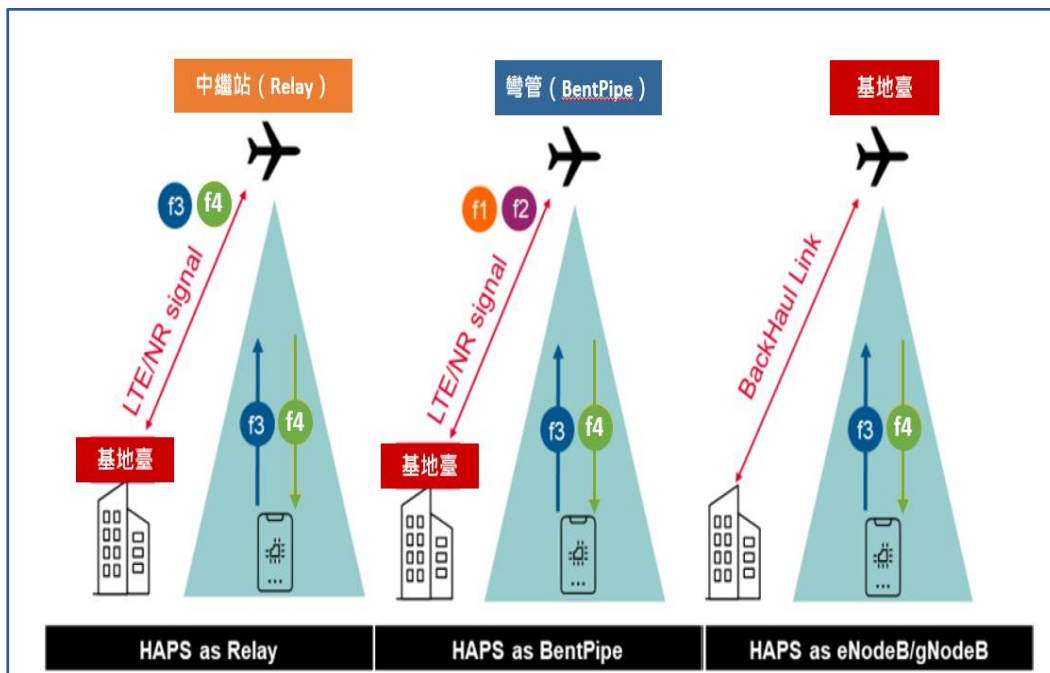
- **電池技術和電源管理：**

太陽能電池陣列確保太陽能轉化為電能，基於太陽能電池技術的進步，減少HAPS船上乘載電池重量，提供更大的有效載荷和電池容量，服務更廣泛的客戶和應用案例。

# HAPS運作模式

- HAPS 3大關鍵應用領域：

- **衛星通訊中繼站**：於地面網路系統與衛星系統之間，提供更高效網路服務。
- **空中行動通訊基地臺**：用作地面網路補充，提供大範圍、穩定的行動網路涵蓋，免除終端設備需頻繁切換基地臺的需求。
- **空中持續性監測**：搭載高光譜影像器、微波成像雷達等感測器，可實現高解析度的環境監控，用於氣候監測等用途。



## HAPS運作模式可分為3種：

- **中繼站 (Relay)：**

基頻單元佈署於地面，HAPS僅作為單純的訊號轉發站，架構簡單適合**大範圍涵蓋**或**偏遠地區基本通訊需求**。

- **彎管模式 (BentPipe)：**

基頻單元佈署於地面，HAPS除了轉發訊號外，亦進行頻率轉換或訊號放大等訊號處理，靈活性高於中繼站模式，適合需要處理**多頻段訊號**的應用場景。

- **基地臺：**

基頻單元佈署於HAPS上，執行基頻處理與訊號傳輸，無需依賴地面基站，此種模式具備高度**自主性**，適合**高流量需求**的場景，或地面基站無法佈署的地區，如災區或極端環境。

# HAPS關鍵應用

HAPS為商業、軍事和機構客戶帶來廣泛的應用案例，且可適用於不同的客戶需求，推進全球市場。

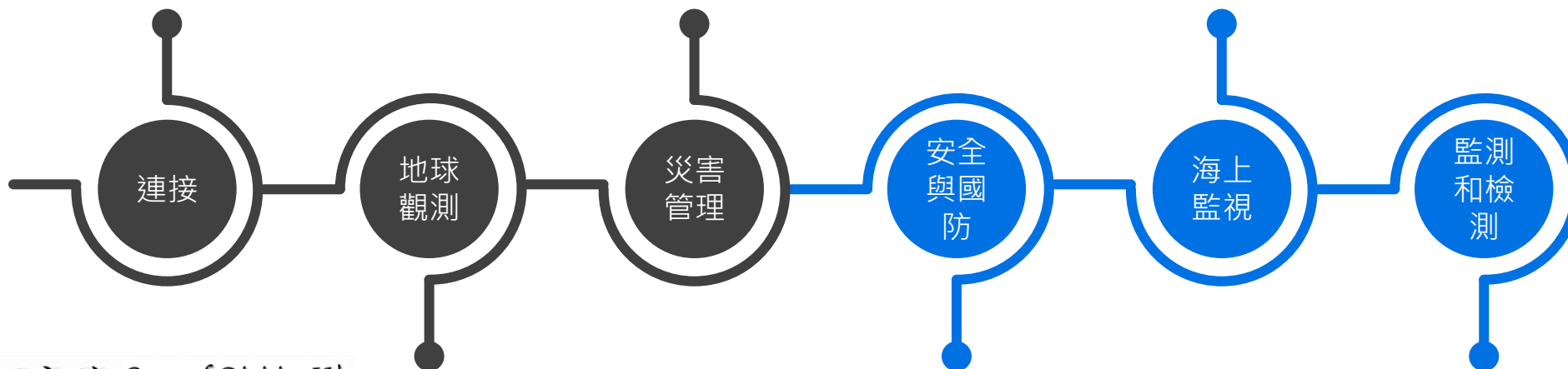


- 連接：
  - 結合高速數據鏈路與行動通訊業者閘道器，透過機載節點、天線配置及手機，連接最終用戶。
  - 涵蓋通訊基礎設施難以佈建地區提供連接，如山區和沙漠。
  - 停電和緊急災難時的緊急通訊。



- 地球觀測：
  - 具有在幾分鐘內重新分配任務的靈活性。
  - 可從平流層全天候提供高品質的圖像和影像。
  - 關鍵應用：災害管理、海上監視等。

- 遙測：
  - HAPS距地20公里的平流層飛行，透過感測器獲取關鍵資訊，以監控並提供地面活動的即時數據回饋。
  - 關鍵應用：資源觀測、導航、防災減災、環境保護等。



# HAPS業者發展現況



## SCEYE



- **Sceye HAPS**
- 飛行船HAPS，長152公尺，直徑40公尺。



## AIRBUS



- **Zephyr**
- 固定翼HAPS，擁有在平流層滯空3,000小時的世界紀錄。



## Stratospheric Platforms Limited



- **Stratomast HAP**
- 正在開發以氫為動力的HAPS，目標飛行時間超過一週，翼展60公尺，載重140公斤。



## HAPSMobile



- **Sunlider**
- 到達約距地高度19公里，並在平流層高空停留5小時38分鐘，為世界上首次透過固定翼HAPS自主飛機成功提供LTE連線。



## Thales Alenia Space

- **STRATOBUS Thales**
- 飛艇型HAPS，長100公尺，直徑33公尺、250公斤有效負載、5千瓦電力供應



## 工業技術研究院



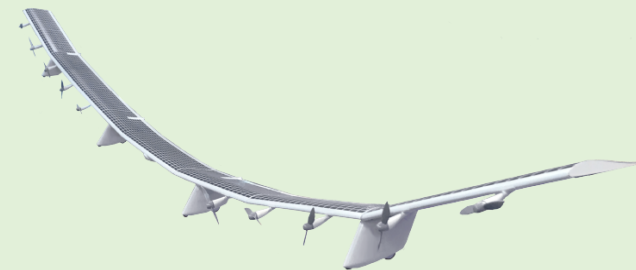
- **高空飛船**
- 工研院展示HAPS技術，包括飛行船系統的HAPS應用技術成果，證明飛行船具有滯空時間較長、空運能力較佳及成本較低等優勢。



# HAPS業者案例

## HAPS MOBILE Sunlider

- 日本軟銀與AeroVironment合資成立HAPSMobile，開發HAPS服務。
- HAPSMobile開發Sunlider**固定翼太陽能無人機**，比其他HAPS無人機系統更大，翼展78米，可攜帶高達75公斤的有效載荷。
- Sunlider在嚴苛的條件和強風下展示其高性能：
  - 2020年9月Sunlider成功在平流層試飛，達20公里的高度。
  - 試飛持續20小時16分鐘，其中在平流層飛行5小時38分鐘。
  - **涵蓋最大直徑達200公里的廣大區域。**



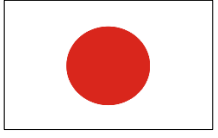



## AIRBUS Zephyr

- Zephyr S首飛打破固定翼HAPS的記錄，在平流層停留近26天，晝夜不間斷運行，飛行達海拔18,288公尺，最高至海拔21,640公尺。
- 在平流層飛行後，Airbus Zephyr繼續與客戶合作，透過全面的飛行測試活動進行建模、開發、整合、測試和佈署。
- Zephyr目標是**使用可重複使用的太陽能固定翼無人機在平流層駐留和巡航**，**為軍事和一般用戶提供影像觀測和連網服務。**



# 國際與我國HAPS政策與發展趨勢

國家	主管機關	相關政策	應用現況
	<ul style="list-style-type: none"> <li>聯邦通信委員會 ( FCC )</li> <li>聯邦航空總署 ( FAA )</li> <li>太空總署 ( NASA )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>技術整合與多領域應用</b>：HAPS技術廣泛應用於通訊、軍事監控與環境監測。</li> <li><b>空域管理</b>：高空交通管理系統 ( Upper Class E Traffic Management, ETM ) 系統強化高空交通的管理與安全。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>頻譜規則更新</b>：FCC制定71-76GHz等頻段規則支持HAPS應用。</li> <li><b>交通管理合作</b>：FAA/NASA合作開發ETM管理系統，確保航空技術規範性。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>通訊管理局 ( Ofcom )</li> <li>民用航空局 ( CAA )</li> <li>創新科技部 ( DSIT )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>偏遠地區連接能力提升</b>：HAPS用於改善通訊涵蓋與災害應變。</li> <li><b>航空現代化</b>：推動空域管理效率提升。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>頻譜諮詢</b>：頒布HAPS頻譜使用諮詢文件，徵求頻譜授權意見。</li> <li><b>技術創新支持</b>：提供資金支持HAPS技術創新。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>總務省 ( MIC )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>技術前沿</b>：聚焦結合Beyond 5G技術與6G應用。</li> <li><b>災害應對與偏遠地區支援</b>：強化直連裝置 ( Device to Device, D2D ) 服務與HAPS通訊網絡涵蓋。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>政策藍圖</b>：《Beyond 5G推進戰略》加速HAPS商業化進程</li> <li><b>技術創新支持</b>：提供資金支持HAPS技術研發。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>數位發展部 ( MODA )</li> <li>國家通訊傳播委員會 ( NCC )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>災害應變與偏鄉涵蓋</b>：探索HAPS用於天災緊急通訊需求。</li> <li><b>技術驗證</b>：完成氣球型HAPS測試載具設計。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>應用規劃</b>：發布「非地面通訊關鍵技術與應用」計畫，推動國內HAPS技術發展。</li> <li><b>國際合作</b>：支持國內企業與國際合作，促進技術升級與應用場景拓展。</li> </ul>

- HAPS具備快速佈署、低延遲、廣涵蓋等優勢，適合應用於**偏遠地區通訊**、**災害應變**、**環境監測**等領域。
- 國際間HAPS應用涵蓋**通訊增強**、**智慧農業**、**智慧城市**、**國防監控**等多元場景。
- 我國技術發展處於初步階段，聚焦偏遠地區通訊與災害應變，惟尚需突破設備耐久性與能源效率等技術瓶頸。
- 建議**整合政策資源**，**推動產業升級**，加強與國際合作，提升市場競爭力。並推進技術驗證與應用拓展，實現通訊增強與安全保障等戰略價值。

# HAPS挑戰

- 現行監管機制是針對**載人航空器**進行規範，HAPS非以乘載人員為服務目的，監管適用性？



# 結語

- 仰賴各種新技術的進步，高空平臺（HAPS）技術日益成熟，從試驗階段逐步邁入商業化階段，經濟規模漸趨擴大。
- HAPS平臺可作為提供全球網路連接、自然災害後提供緊急通訊，因應氣候變遷引發的事件等重要功能，日益受到重視。
- 三維網路成為未來通訊的主流架構，HAPS平臺跨越平流層區域，作為地面網路與衛星之間的中繼地位，其扮演的角色將漸趨重要。
- 我國行動通訊涵蓋率高，HAPS可作為偏遠山區、離島等地之補充網路，尤其當暫時性停電或天然災害發生，地面通訊無法提供正常服務時，HAPS可供緊急通訊之用。
- 為維護我國通訊主權，HAPS是重要關鍵布局，政府應持續觀察其後續發展與應用情形。
- 基於偏鄉通訊需求、產業發展及國安價值，應加速實驗與佈建HAPS。