



■特約作者：Dick Van Den Broeke、Wim Van Houtum、Kees Moerman、Ashish Pandharipande、Wim Rouwet 與 Mark Tomesen

無線通訊是恩智浦的關鍵專業領域，而 5G、超 5G (B5G) 以及 6G 則是恩智浦的目標產品領域。本文旨在構想超 5G/6G 通信的未來發展，並著眼于安全連接與安全出行。三大汽車系統趨勢正在推動互聯汽車的未來發展<sup>[1]</sup>。首先，車雲連接與遠端資訊處理正在重新定義關鍵用例，包括汽車安全與公共安全。其次，技術進步將增強以汽車為中心的車內體驗、智慧門禁及移動性。第三，車聯萬物 (V2X) 通信的興起，與用於高級駕駛輔助系統 (ADAS) 和自動駕駛的其它感測器技術相輔相成。除了這些汽車連接技術，恩智浦將繼續開發新的方法，將環境感測功能集成到通信網路中，從而增強汽車系統能力。在恩智浦的這份白皮書中，將從更廣的角度闡述 6G 通信與移動出行。

## 圍繞通信與移動出行的社會趨勢與動態

如今，世界上很多新穎“事物”正在以更智慧的方式觀察、感知並與我們互動，人們的日常生活交織得越來越緊密。我們利用工程技術方面的進步，為互聯設備增添感測能力，並為製造商提供通信技術與智慧技術，幫助他們創建自動駕駛汽車與智慧型機器人等複雜的系統。6G 連接將對交通與製造業的未來產生深遠影響。6G 技術涵蓋信號波形、網路架構與拓撲、邊緣計算方案、目標應用及用例。

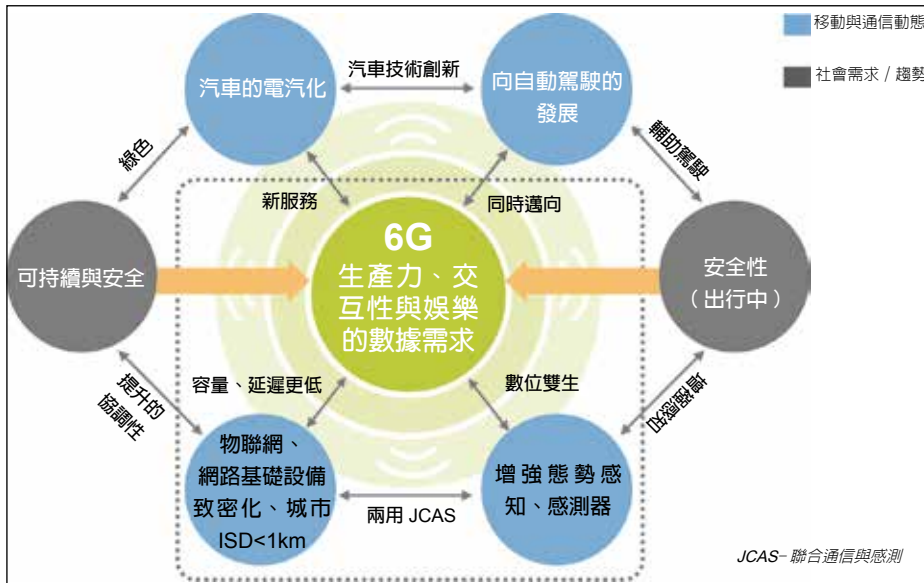
在開始之前，我們首先討論一下與 6G 通信和移動出行相關的幾個關鍵的社會進步驅動因素。然後我們再深入探討一個關鍵的主題：整個系統的“可信度”。鑒於系統複雜性日益提高，加上公眾對系統 / 資料完整性與可信度的需求居高不下，許多利益相關者都將可信度問題視為 6G 發展的一個重要

考量。目標明確的網路是恩智浦 6G 願景<sup>[13]</sup>的一部分。為此，我們非常看重在可信度較高的目標模型之上進行創新，如參考文獻<sup>[4]</sup>所述。

更進一步，我們將討論 6G 驅動因素，重點關注汽車生態系統對安全的高要求，並在最後舉例說明除了嵌入式汽車安全系統外，還可以利用汽車對汽車 (V2V) 與汽車對基礎設施 (V2I) 的连接側通信方案，並借助本地可用資訊與本地通信管道的優勢，實現 6G 賦能的潛在安全提升。超 5G(B5G)/6G 下一代定位原理中描述了通過 6G 連接以及嵌入通信基礎設施能力 (如聯合通信與感測 (JCAS) 技術) 實現的增強功能。

恩智浦認為可信度是系統運行的全面保證，確保關鍵服務的性能符合業界對汽車系統的普遍要求。圖 2 展示了移動出行與通信領域的幾大動態。過去十年，汽車電氣化加快了汽車技術的創新速度。但未來，汽車的發展將不僅局限於動力源 (化石燃料與電氣化)，還取決於其更廣泛的功能。例如，電動汽車 (EV) 的創新與汽車資訊娛樂系統的需求上升同步，許多司機和乘客會在電動汽車電池充電期間用資訊娛樂系統來消磨時間。新的車內服務激增，使得對資料與通信功能的需求不斷增加。隨著自動駕駛汽車的不斷發展，安全系統與 V2V/V2I 通信對資料使用提出了更高的要求。在完全自動駕駛的情況

圖 1:6G 與移動出行趨勢



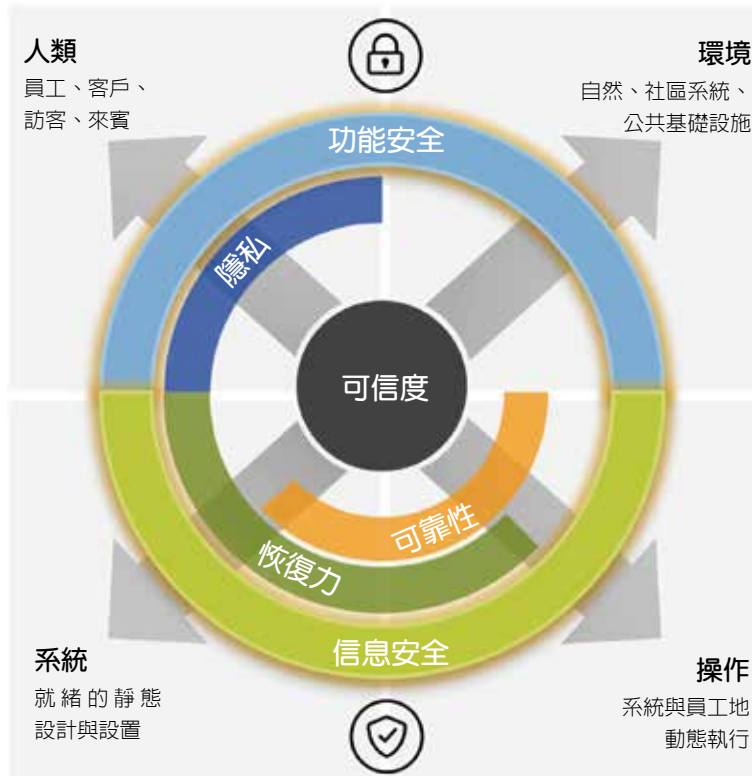
下，乘客可以將出行的時間加以利用，因此對資料輸送量與資料完整性提出了嚴苛要求。汽車行駛過程中，信號的廣域覆蓋將變得至關重要，這推高了對蜂窩網路性能的要求。這是因為汽車乘客對資訊娛樂與生產力的需求加快了移動網路的部署。圖 2 的上半部分闡明了這一點，展示了“由外到內”的市場驅動因素 (可持續性、資訊安全與功能安全) 推動了生產力、交互性與資訊娛樂對 6G 資料的需求。

縱觀無線通訊 / 移動網路方面，我們看到網路容量需求強勢推動著網路基礎設施緻密化。地域覆蓋需求促使早期的蜂窩網路部署朝著廣域覆蓋的基站安裝發展。目前，這一趨勢有所加強，蜂窩設備的密集部署將網站間的距離 (ISD) 縮短到一公里內，以支援更高的網路總輸送量。另一方面，將電信設備部署到用戶附近，有可能進一步引導通信系統的無線技術收集重要的當地態勢資訊。這些資訊可通過網路通信用來提高利益相關者的態勢感知。這種方法將有助於新用例的實現，如人群監測與交通安全。恩智浦與愛立信在最近的博文 (參考文獻<sup>[2、3]</sup>) 中都列舉了在交叉路口安全用例中運用增強感知的例子。這些文章表明，通過 JCAS 技術可以有效地利用現有的基礎設施設備。圖 1 的下半部分總結了這些發現，並說明了態勢感知與網路緻密化所描述的通信網路相關的動態，這些動態再次推動了對 6G 網路資料支援各種用例的需求。

## 以感測為中心的汽車應用系統的可信度

通信與感測能力的結合讓智慧系統獲益匪淺。除了專注於通信，5G 標準在演進過程中為通信平臺增加了感測功能。這給通信帶來的明顯優勢是：感測會讓通信變得更加有效。例如，波束路徑可以基於對環境中某些障礙物和 / 或物體運動的瞭解，

圖 2: 可信度目標模型



工業物聯網可信度框架基礎文檔 (4) 將可信度定義為資訊安全、功能安全、可靠性、恢復力與隱私的組合。它還研究了這些因素在面對環境干擾、人為錯誤、系統故障和攻擊時所做的權衡取舍。圖 2 展示了可信度目標模型。引述該文檔中的內容：“可信度是指人們對系統按預期執行的信心程度。這需要對系統有所瞭解，包括相互作用與突發屬性。”“在數字世界，面向整個系統環境，瞭解並妥善解決有關可信度特徵的問題才能獲得信賴與可信度。提供這方面的證據可以增強別人的信心。”

做出更有效的選擇。

我們來看看 ADAS 這樣複雜的汽車系統，並探討超 5G/6G 如何在提高其性能方面發揮作用。作為 ADAS 架構的一部分，我們認為，獨立的時間關鍵型車載計算引擎將繼續用於任務關鍵型任務，以協助安全駕駛、停車及其它操作。在這種情況下，6G 網絡可用于增強感知。

任何系統能力的提升，無論是從 5G 遷移到 6G，還是從今天的 ADAS 技術遷移到明天的 ADAS 技術，都必須提供足夠的功能安全與資訊安全措施。為了理解這一要求，我們將仔細研究可信度的概念。

在可信度模型中，許多元素非常容易理解。該模型的上半部分（圖 2）顯示了功能安全領域，從人類及其周圍環境的角度將可信度的方方面面聯繫起來。該模型的下半部分顯示了資訊安全領域，與系統和操作有關。回到移動出行模型（圖 1），選擇性使用汽車系統的網路感測資訊，非常需要功能安全與資訊安全。

我們來看一個以功能安全為中心的技術示例，

這裡的分散式感測旨在加強交通路口安全方面的感知。各種移動出行設備（如汽車）與固定設施（如交通信號燈）都可以使用 6G JCAS，幫助車內人員增強對各個交通參與者的感知，並提供交通狀況的詳細視圖。時間關鍵型用例應由本地機制處理，例如使用專用短程通信 (DSRC) 和 / 或蜂窩式車聯萬物 (C-V2X) 技術。然而，這些設備都不能獨自構建出整體畫面：它們離不開彼此間的協作。為了協同工作，感測資料流程首先被傳送到基站，然後再被傳送到邊緣雲（一個地理位置靠近的雲計算平臺）作進一步的處理。此外，還可以將來自汽車系統的非時間關鍵型系統 / 培訓問題分流到雲端進行處理（邊緣或遠端）。資料在各個階段得到進一步的處理與匯總，從而可以創建出一個更完整的視圖，以支援安全系統做出時間敏感性較低的決策。

資訊安全與功能安全一樣，都是汽車系統的重要考慮因素。交叉路口用例<sup>[2, 3]</sup>中描述的隱私敏感性資料流通於各個分散式服務。隱私敏感資訊包括附近行人的位置與設備身份資訊（如智慧手機）。這

些資料應由一個值得信賴的計算平臺來處理，並在該平臺的保護下能夠抵禦各種威脅與攻擊。同時處理的多個資料流程應被充分隔離，避免資料洩漏。6G 開發過程中的一個關鍵要求是納入增強感知應用。預計 6G 智慧型網路與服務產業協會 (6G-IA)<sup>[5]</sup> 等各種聯盟將研究討論 JCAS 用例這個重要課題。

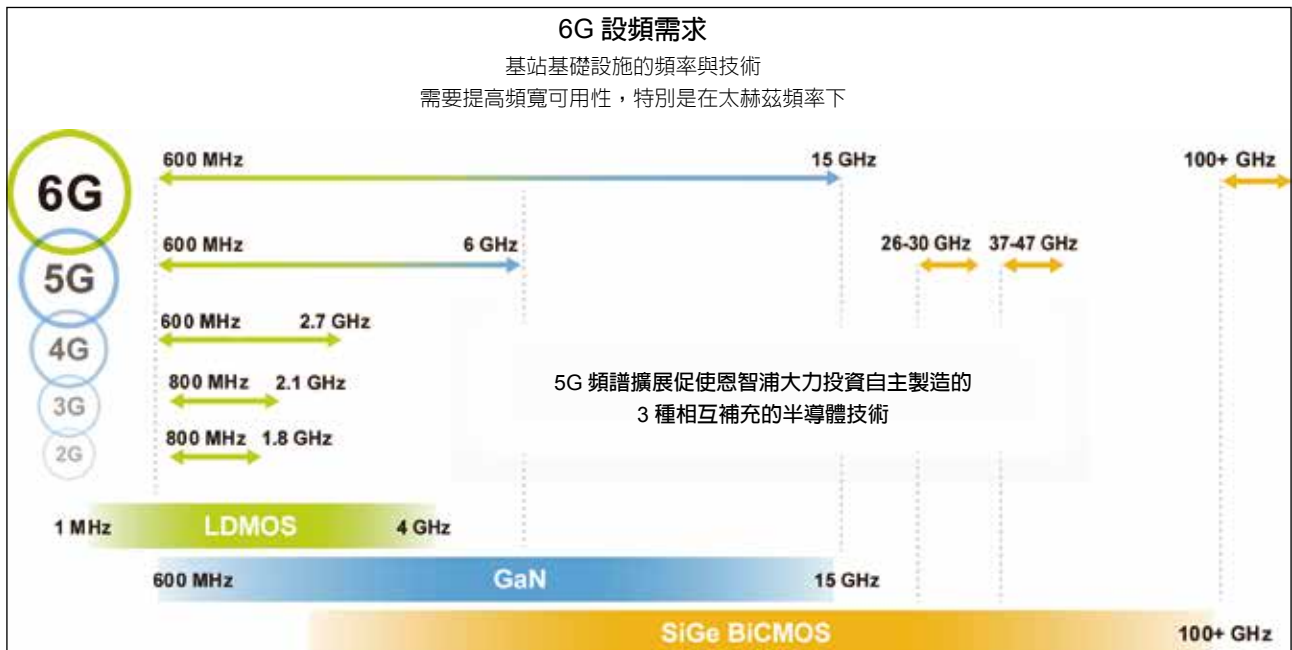
雖然基於 6G 的解決方案創造的社會價值很高，但這並不意味著，網路運營商、基礎設施所有者與公共部門的收入模式就立馬一目了然，他們都會有自己的利害考慮和解決問題的方法。6G 發展需要整個行業共同發力，積極尋求一致的解決方案，從而實現未來的安全汽車系統。

## 5G 到 6G 演進過程中的技術問題

從 5G 演進到 6G 將為最終使用者帶來更多網路容量與智慧。增加感測等多種能力將提高智慧程度，以及邊緣雲計算能力的擴大。我們首先看一下這些系統的基本容量與感測要素。本節將重點討論以下課題：

- 正交頻分多址 (OFDMA) 技術
- 空間分集
- 減少小基站，網路緻密化

圖 3: 潛在 6G 頻段擴展概覽



### ■新的頻段選項與技術

#### ■聯合通信與感測 (JCAS) 技術

6G 有望在當前使用的包括 2/3/4/5G sub-6 GHz 與毫米波 (mmWave) 在內的頻段建立 OFDMA 調製方案。事實證明，該技術在這些頻段提供的資料輸送量接近理論上的香農極限 (通信通道的通道容量)，同時它還能靈活地為單個使用者分配攜帶資料的時隙和頻段。對波形演進作持續研究以用於更高頻段，旨在提高數據機的實施效率，其中無線社區貢獻了許多建議，如演變的前向糾錯 (FEC) 與低峰均功率比 (PAPR) 波形。

第二要素是空間分集技術，它可以提高網路輸送量，目前已在 5G 中投入使用。根據這一概念，只要發射器與接收器之間存在多個空間軌道，就可以在同一頻寬內同時傳輸和接收多個獨立信號。比如，一個 5G 基站可以在同一頻段向多個用戶同時發送多個窄波束 (均攜帶不同的資料)。再比如，使用單用戶多輸入 / 多輸出 (MIMO) 架構時，單個用戶可通過不同的反射軌道從同一個基站接收多個波束。如果用戶收到四個這樣的波束，即便這些波束覆蓋的頻率範圍相同，理論上該使用者的資料輸送量都可以提高 4 倍。

隨著網路基本蜂窩社區面積的縮小和信號的當地語系化，容量還會進一步增加。只有火車站、體育場或購物中心這樣人口稠密的地方，通常才需要在相對較短的距離內擁有最高的資料速率。然而，縮短距離與網路緻密化需要更多的物理基站，而且每個基站的安裝和維護成本都很高。

隨著 3GPP 網路的發展，工作頻率也在增加，最終 6G 標準化將推動頻段的提升，使低頻段可能達到 7GHz 甚至 24GHz<sup>[6]</sup>，並進一步擴展高頻段到 100GHz 以上的太赫茲頻率<sup>[7]</sup>。一般來說，工作頻率越高，通道頻寬就越高，資料傳輸速率也會相應提高。波長縮短也有助於減少天線的物理尺寸及其相關成本。雖然路徑損失可能會增加，但考慮到基站的緻密化，系統容量仍在可接受的範圍內。

圖 2 展示了潛在的 6G 新頻段。整體解決方案的一個關鍵要素是射頻設備，恩智浦投資優化了製造技術，以支援不斷擴大的頻率範圍。圖 3 還表明，LDMOS 與 GaN 等低頻技術均已成熟，提高頻率預示著將增加 Si-Ge BiCMOS 等矽技術的使用。6G 的創新功能之一是大规模雷達感測能力。6G 物理介面本身可支援感測，考慮到相關 OFDM 信號的頻寬，它足以支援高解析度雷達感測的需求。例如，5GHz 射頻帶寬已具備 3 cm 的空間解析度。波束賦形 / MIMO 技術提供了角度選擇。利用無縫連接與大规模邊緣計算 (由遵循摩爾定律的 CMOS 路線圖實現) 的優勢，可以將不同觀測點的感測資訊匯總成一個完整的 3D 地圖。本文稍後將舉例說明基於單個基站與處於移動狀態的使用者設備 (UE) 的定位問題。

產業對感測與通信技術的集成表現出越來越濃厚的興趣。IEEE 通信協會明確肯定了這一趨勢，該協會最近成立了“通信感知一體化”委員會，旨在探索該技術的新研究方向與標準化機會<sup>[12]</sup>。有多個原因促使在 6G 開發中使用 JCAS 技術：網路運營商可提高其網路的有效性。特別是，如果基站能夠智慧適應環境，波束控制會變得更加有效。其次，自動化 (如機器人) 既需要通信，也需要感測，將這兩種功能集成到一個硬體單元中，共用天線與無線硬體，會帶來成本優勢。

最重要的是，如果沒有足夠的可信度，任何解決方案都不會被最終用戶和服務提供者所接受。許多利益相關者都參與到這個生態系統中，多個研究與標準化倡議都正在進行中。例如，6G 智慧型網路與服務產業協會 (6G-IA) 正在研究可信度的關鍵系統問題<sup>[5]</sup>。除加密技術外，可能還會探索其他安全技術，如硬體指紋和只將波束集中到可信賴的接收器。

恩智浦與許多生態系統合作夥伴正在進行架構研發工作，旨在設計出能夠在新頻段 (如 5-24GHz 與 100GHz 太赫茲頻段) 中運行的 6G 基站與 UE。未來的太赫茲系統所面臨的挑戰與所需的波束賦形精度和諸多實施限制有關，如天線間距非常窄 (每個低至 1.5mm)、與工作頻率相關的重大路徑損耗以及集中功率耗散。

### 參考文獻：

1. 《汽車連接的未來》，恩智浦 /ABI Research 發佈的白皮書，作者：研究總監 Andrew Zignani。
2. “6G 網路中的聯合通信與感測”，Kees Moerman，2021 年 11 月 5 日，<https://www.nxp.com.cn/company/blog/jointcommunication-and-sensing-in-6g-networks:BL-SENSING-IN-6G-NETWORKS>
3. “6G 網路的聯合通信與感測”，Håkan Andersson，2021 年 10 月 25 日，<https://www.ericsson.com/en/blog/2021/10/jointsensing-and-communication-6g>
4. 《工業物聯網可信度框架基礎》，v1.00-2021-07-15。[https://www.iiconsortium.org/pdf/Trustworthiness\\_Framework\\_Foundations.pdf](https://www.iiconsortium.org/pdf/Trustworthiness_Framework_Foundations.pdf)
5. 6G 智慧型網路與服務行業協會 (6G-IA)：<https://6g-ia.eu/>
6. 在 7.125-24.250GHz 頻段運行 NR 的可行性研究專案，3GPP TR 38.820
7. “100GHz 以上無線通訊與應用：6G 及以後的發展機遇與挑戰”，IEEE access 2019，作者：THEODORE S. RAPPAPORT (IEEE 會

員)、YUNCHOU XING、OJAS KANHERE、SHIHAO JU、ARJUNA MADANAYAKE (IEEE 會員)、SOUMYAJIT MANDAL (IEEE 高級會員)、AHMED A。

8. 2020 年新冬校項目，“無線定位：基礎知識與先進的技術”，2020 年，講師：H.Wymeersch，視頻：<https://youtu.be/O5rtcCclINc>
9. IEEE PIMRC 2021, WS6——“6G 時代的集成通信、定位與感測”，Hexa-X 傳播，<https://pimrc2021.ieee-pimrc.org/integrated-communication-localization-and-sensing-in-6g-era/>；視頻 <https://youtu.be/zGOGzbHz0SA>
10. “目前優先考慮的十大智慧城市用例”，IoT Analytics，2020 年 9 月
- 11<sup>a</sup> “智慧交通系統 (ITS)；車載通信；基本應用集；定義”；ETSI TR 102 638，[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_tr/102600\\_102699/102638/01.01.01\\_60/tr\\_102638v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102600_102699/102638/01.01.01_60/tr_102638v010101p.pdf)
- 11<sup>b</sup> 用例列表，“V2V 安全通信車載系統要求”，SAE 路面車輛標準 J2945/1，第 4 節
- 11<sup>c</sup> Day1 用例，“歐洲合作式智慧交通系統戰略，邁向合作式、互聯與自動化移動出行的里程碑”，歐盟委員會 COM (2016) 766 最終版，2016 年 11 月 30 日，<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0766&from=EN>
12. <https://isac.committees.comsoc.org/>
13. 2021 年 6G 研討會：<https://www.youtube.com/watch?v=qSip2kjPitE>
14. 根據美國交通部 /NHTSA，一些汽車用例的延遲要求  $\leq 20$  ms；LTE PC5 V2X 直接通信等不能保證。參見 CAMP 最終報告，<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/3925> (如碰撞前感測，第 29 頁)
15. 恩智浦安全邊緣產品，<https://www.nxp.com.cn/applications/enabling-technologies/security:SECURITY-TECHNOLOGY> 

## 歐洲太空總署與達梭系統合作推動歐洲各地的航空新創公司和創業家

達梭系統 (Dassault Systèmes) 與歐洲太空總署 (European Space Agency ; ESA) 宣佈簽署合作意向書，支援歐洲共同體 (European community) 在「新航太 (new space)」領域的創新，這是由私人企業推動的航太商業化 (commercialization of space)。

雙方將在 ESA 位於歐洲的商業育成中心網路 (Business Incubation Centers network) 內展開協作，透過為新的航太新創公司提供技術、輔導和網路支援，推動創新技術研發，攜手培育和加速該領域新創公司的發展。該協定基於 2022 年 ESA BIC Bavaria 與達梭系統在德國建立的現有合作夥伴關係，以期擴展到其他 ESA BIC。

達梭系統與 ESA 已經意識到數位化 (digitalization) 對於成功開發航太創新技術方面的重要性。近年來，數位科技幫助具顛覆性的新創公司在衛星、太空旅行、探索和其他航空航太系統等領域引進全新概念，進而改變傳統產業格局。

達梭系統 (透過 3DEXPERIENCE Lab 開放式創新實驗室) 與 ESA 將為 ESA BIC 網路內的新創公司提供存取達梭系統雲端 3DEXPERIENCE 平台的機會，進而推動產業創新達到全新標準。該平台針對概念化、設計、製造、測試、認證和維護新型太空載具提供全新方法。新創公司將從產業領先的應用獲益，其中包括在 3D 虛擬環境設計其專案、簡化團隊內部合作以及與全球導師網路的協作。

ESA 是歐洲領先的航太機構，在歐洲各地擁有 29 個 ESA 商業育成中心，旨在促進航太構思、新創公司和創新技術的發展。