衛星直連手機 · 標準、頻譜與裝置

從衛星到你口袋裡的手機：SpaceX 還得跨過三道關卡

SpaceX 設計、製造並部署一整個衛星星系所需的時間，可能比標準組織議定一項功能還短。衛星直連手機考驗這項優勢的極限：鏈路另一端的使用者，口袋裡那支手機並非 SpaceX 製造，數據機來自晶片供應商，行動通訊功能取決於手機廠，服務由電信業者提供，可用頻率則以監理機關核准的範圍為準。因此，衛星與那支手機之間立著三道關卡：跨廠商可互通的技術規格、合法的頻譜使用權，以及真正實作這項能力的商用裝置與行動網路。本報告依官方紀錄，逐一追蹤這三道關卡。

Apex Standards Research · 舊金山 · 華盛頓特區 · 研究資料截止 2026年11月19日 · 僅採公開紀錄

圖 1｜ 衛星直連手機的連線必須逐段成立：各階段一覽



衛星鏈路會在最弱的一段失效。前兩段是 SpaceX 掌控的工程；第三段是它並未製造的裝置，第四段是它並未持有的網路，第五段則是監理機關核發的許可。本報告追蹤的，正是它無法掌控的那三段。

這條鏈路，從以軌道速度移動的衛星，連到一支為靜止基地台而設計的手機。前兩個階段是 SpaceX 完全掌握的工程；其後各階段涉及它並未製造的裝置、並未營運的網路，以及監理機關核發的核准，也正是本報告著墨之處。頻譜執照設定的是無線電運作的法律條件，因此畫成橫跨無線鏈路的授權層。

範圍 圖中各階段，是任何衛星直連手機服務都必須滿足的功能環節。本圖描述的是問題本身的架構，並未對任何特定業者的實作方式作出主張。

衛星發射節奏能把容量送上軌道；要讓這些容量服務到一般手機，還需要另外三項條件：3GPP 技術規格、頻譜使用核准，以及願意提供服務的電信業者與出貨支援該功能的晶片廠。本報告依公開紀錄追蹤這三項。SpaceX 於 2026 年 6 月完成首次公開募股，總計發行 638,888,888 股 A 類普通股，扣除 5.75 億美元承銷費用及發行成本後，淨募資額為 856.75 億美元；它已承諾以約 200 億美元取得 EchoStar 的 AWS-4、H-block 與 AWS-3 頻譜執照，另有一筆 800 MHz 頻譜交易，並選定高通 Dragonwing 平台，作為 2027 年起規劃的地面網路設備。由此可得三項發現。其一，這些頻譜收購讓 SpaceX 走出承租地位：美國的太空補充覆蓋制度要服務一般手機，必須取得地面執照持有人的頻譜使用權，而 AWS-4 不在該制度範圍內，本身即具有行動衛星業務頻率分配。其二，核准與實際能力之間約有十八個月的落差：主管機關已於 2026 年5 月核准 EchoStar 的執照移轉，執照卻先置於信託，交割目標訂在 2027 年 11 月。其三，在 3GPP 自身的工作項目登錄上，SpaceX 擔任兩項 Release 20 頻段工作項目的報告人；而能讓未改機的手機共用衛星服務小區的下行補償工作項目，由高通負責，GNSS 韌性由 Thales 負責，保護頻帶由 Sony 負責。九月全會的紀錄更為鮮明：SpaceX 帶著十家共同提案機構進入馬德里，其中包括 Apple、聯發科與高通，為自家的補償工作項目背書；該提案未獲續推，高通受指派主持相關討論，最後通過的工作項目則是高通自己提出的，全會紀錄以「未經審視即予核准」記下此事。該登錄載明，這項工作在 2026 年 12 月以前仍為研究案；這使 12 月 7 至 10 日的波士頓全會，成為由維護紀錄的人自己寫進紀錄裡的下一個查核點。

1 既有手機，如何改變了原本的商業模式

垂直整合把 SpaceX 帶到了今天。火箭、引擎、衛星、地面站與使用者終端都自製，供應商若太慢或太貴，慣常的解法就是把那一段拉回自家。這套方法讓公司的推進速度難以被對手跟上，衛星發射節奏就是它的具體展現。

衛星直連手機把這套方法延伸到規模大得多的既有裝置存量，其限制也就浮現。鏈路另一端的裝置早已存在，躺在使用者口袋裡，當初是為地面服務而買，往往比衛星業者開始規劃某項功能還早了好幾年。SpaceX 沒有設計它，不供應它的數據機，沒有撰寫決定它連上哪些網路的軟體，也無法為它更新。要讓服務成立，這支未經改裝的手機必須把幾百公里外的衛星，當成幾公里外一座普通基地台來對待。衛星酬載可以在數月內改版，已經賣出的數百萬支手機則不行。

因此，一通連線要成立，必須有五個環節同時配合，圖 1 即為其對照圖：衛星酬載、穿越太空的無線鏈路、手機數據機與軟體、電信業者的服務與核心網路，以及適用的頻率使用權。酬載與空間鏈路位於衛星業者自家的工程範圍內；其餘三項則需要組織以外的合作與核准：一份公開標準，讓手機廠與晶片供應商把相應行為做進裝置，這部分在 3GPP 進行；一紙在手機原本就會接收的頻段上發射的核准，在美國由聯邦通訊委員會核發，其他地區則由各國主管機關核發；以及願意承載這項服務的電信業者，加上一個真正出貨該功能的裝置族群。

這些里程碑之間的落差，正是商業風險所在，也說明了 SpaceX 一項原本費解的行為轉變。一家以「不等待」為優勢的公司，在 2026 年投入電信業中最講究共識的機構，提交提案、擔任報告人，並在 3GPP 程序內逐項議題累積支持。它這麼做，是因為一般手機的既有存量只能循這條路徑觸及。已標準化的功能要等晶片與認證；已核准的頻率要等設備與網路部署；已在軌道上的衛星則兩者都要等。本報告依讀者需要的順序追蹤三道關卡：SpaceX 已建立的市場與公司地位、它握有的監理核准，接著以較長的篇幅處理 3GPP 正在決定什麼，以及 12 月的波士頓全會會與不會定案哪些事。

2 成長中的業務，以及幾種不能混用的規模指標

SpaceX 以未上市公司之姿進入 2026 年，年底已是全球市值最高的上市公司之一。它於 2026 年 6 月 11 日以每股 135 美元訂價 555,555,555 股 A 類普通股，隔日在 Nasdaq 與 Nasdaq Texas 掛牌交易[1]。本次發行於 6 月 15 日完成交割，在承銷商全數行使額外 83,333,333 股的選擇權後，總計發行 638,888,888 股[2]。依其 9 月季報，扣除 5.75 億美元承銷費用及發行成本後，淨募資額為 856.75 億美元；以發行價乘上股數計算，發行總額（gross）為 862.50 億美元[3]。掛牌當時流傳的約 744 億美元，是公開說明書在超額配售選擇權尚未行使前的淨募資額估計值；應採用的是已完成交易的數字[4]。公司已於 2024 年 2 月 14 日改以德

州登記，現為按季申報公司，衛星直連手機業務因而可透過公開申報財報追蹤[5]。

截至 2026 年 9 月 30 日止的九個月，SpaceX 公布合併營收 270.83 億美元；此數字涵蓋公司整體，不可讀作其 Connectivity 分部的營收[3]。同期期末，Starlink 消費型訂戶為 1,360 萬，一年前為 720 萬，2026 年 6 月底為 1,200 萬；依揭露的期末數字計算，年增 88.9%，最近一季增加 13.3%。此一統計涵蓋消費型服務門號，不含受託管理的企業及政府客戶[6]。圖 2 繪出這三筆揭露數字。

衛星直連手機業務有自己的一套指標，口徑也不同。截至 2026 年 3 月 31 日，SpaceX 揭露其專用的衛星直連行動通訊星系約有 650 顆 V1 Mobile 衛星，每月不重複連線裝置數約 740 萬部，涵蓋約 30 個國家，並與六大洲約 30 家行動通訊業者合作[4]。一次「每月不重複連線」可能相當短暫，而曾經連線的裝置也未必就是付費訂戶。本報告全文將這兩個族群分開處理。VEON 揭露截至 2026 年10 月 19 日，其部分市場累計超過 1,100 萬名不同使用者曾連線至少一次；那是跨市場的累計人數，與每月裝置數相加，等於把不同期間的不同母體加在一起[7]。

各市場實際可用的功能差異甚大。電信業者先推出簡訊，再開放部分應用程式的資料傳輸；較完整的語音與寬頻能力，仍取決於後續的衛星、設備、資費方案與部署進度。表 1 逐家列出推出日期與推出當時可用的功能，並把「已商轉」一詞保留給電信業者正式宣告推出的服務。KDDI 已於 2026 年 8 月 10 日簽約採用下一代衛星，目標在 2027 年底前於非地面區域提供寬頻與語音通話[8]。SpaceX 目前銷售的能力，依其自身描述，為輕量資料、簡訊與應用程式語音[4]。

單看用戶數的標題，透露的資訊遠少於其下的真正問題：哪些手機型號、資費方案、已獲授權頻段、地理範圍與衛星世代的組合，各自能支援哪一級服務。這份相容性對照表才是可服務市場的衡量標準，也能顯示「能發出一則求救簡訊的使用者」與「能撥打一般語音或維持寬頻連線的使用者」之間，還隔著多少投資。

3 買下房子，也買下了鄰里

讓衛星直連手機服務在美國合法的制度，稱為太空補充覆蓋（supplemental coverage from space）。它由聯邦通訊委員會 2024 年 3 月 14 日公開會議通過、隔日發布的一份報告與命令建立，涉及兩項卷證，規則於 2024 年 5 月 30 日生效[13]。它的設計方式才是關鍵：該制度在 614 至 2000 MHz之間的八段地面頻譜內，建立次要的行動衛星業務頻率分配，並允許衛星業者在地面執照持有人就特定地理範圍讓與其權利的前提下，使用該項分配[13]。這套制度也訂出本領域每一場共存討論都會回到的那個數字：所有太空電台在業者自有頻段以外的總和發射，其功率通量密度不得超過每平方公尺每百萬赫茲負 120 分貝瓦，量測位置為地面上方 1.5 公尺[13]。

把這套結構與商業紀錄並排來看，策略就清楚了。在太空補充覆蓋制度下，SpaceX 是以租用方式，使用T-Mobile 的頻譜、依 T-Mobile 的執照，服務 T-Mobile 的客戶。這套安排可行，也是目前銷售中服務的基礎，運作於合作電信業者 1.6 至 2.7 GHz 的頻譜之上[14]。它同時讓衛星業者在每一個進入的市場都成為承租人，其覆蓋範圍受制於哪一家執照持有人願意出租、以什麼條件出租。一家以掌握整個堆疊為方法的公司，可以預期會對此感到不自在，紀錄也顯示確實如此：該制度發布後三個月內，SpaceX 就向委員會聲請覆議其中部分內容[15]。

EchoStar 這筆收購回應了那份不自在，頻段規劃則說明了方式。2025 年 9 月首度達成、以約 170 億美元取得 AWS-4 與 H-block 執照的協議，後經修訂納入 1695 至 1710 MHz 的 15 MHz AWS-3 頻譜，整體重訂為約 200 億美元，其中最高 110 億美元以約 2.618 億股 SpaceX 股票支付[16, 17]。H-block 位於 1915 至 1920 MHz 與 1995 至 2000 MHz，落在太空補充覆蓋指定的頻段範圍內；AWS-4 位於 2000 至 2020 MHz 與 2180 至 2200 MHz，在該範圍之外，本身即具有行動衛星業務頻率分配[13, 17]。因此，買下 AWS-4 達成了租用做不到的事：它讓 SpaceX 從「經他人同意、在他人的地面執照上運作」，轉為以自身名義持有行動衛星業務權利。約 200 億美元買頻譜是一筆大錢；若理解為「不再當承租人的代價」，這個數字就更站得住腳。

這段過程的時序，是本報告中最能說明「能力」與「核准」距離的例子。委員會於 2026 年 5 月 12 日核准EchoStar 交易，十天後執照移入信託，而 SpaceX 自身受讓的交割目標訂在 2027 年 11 月 30 日[17]。第二筆交易於 2026 年 10 月 8 日跟進，標的為全國性、最高 14 MHz 的成對800 MHz 頻譜，預計 2027 年上半年完成交割[6]。高通則於 11 月 4 日宣布，SpaceX 已選用其 Dragonwing 基礎設施平台，用於遍及數萬個站點的美國全國性 5G 網路，並規劃自 2027 年起開始布建[18]。因此有三件事必須分開看待：主管機關同意執照移轉、實際完成受讓，以及特定衛星服務取得營運核准。這筆交易不應被描述為「已就所取得的各頻段，取得立即且不受限制的商業使用許可」。

擇居之前，先看鄰里。頻譜就是那棟房子，而且買得到——執照、頻段規劃與交易對價，都是有紀錄可查的事。鄰里卻隨房子一起到來，而且不出售。既有地面業者已把資本投入一張依既知干擾基準設計的網路，而同一頻段一旦容許衛星進入，那筆資本當初所依據的前提就改變了。已在使用中的手機，對一個服務小區該是什麼樣子有其固定認知，數年前出貨的晶片無從重新議定。各國主管機關握有的是頻率分配本身——那在成為政策工具之前，先是主權的展現，任何買賣都到不了那裡。交易決定了地址，住下來的條件，則由街上原本就在的每一戶共同決定；節 6 記錄了 SpaceX 在九月把這個命題交給整個產業時，發生了什麼。 另有兩項程序在本報告資料截止日時仍處於提案階段；本報告保留這項區別，因為它決定了業者實際上可以做什麼。委員會在 2026 年 10 月 29 日的會議中審議一項規則制定提案，依其自身說明，該提案將另外釋出 482 MHz 供太空補充覆蓋使用、移除其所稱的繁瑣要求，並評估是否調和太空補充覆蓋與行動衛星業務兩套規則[19]。8 月通過的另一項提案，則擬允許免執照裝置與衛星通訊[20]。實際義務取決於後續的主管機關作為，因此兩者目前都未改變任何頻段清單或功率上限。兩者底下，是國會於 2025 年 7 月回復的頻譜拍賣授權，效期至 2034 年，涵蓋 1.3 至 10.5 GHz，本文討論的執照都落在這個範圍內[21]。2027 年世界無線電通信大會則走在三者中最長的時程上，其專設議程項目邀請各方研究：是否可能為太空電台與國際行動通訊網路使用者設備之間的直接連線，新增行動衛星業務頻率分配[22]。國際層面最終是否走向專屬頻率分配，將一次決定衛星業者在所有市場「擁有什麼」與「仍須租用什麼」。

4 把工程問題換算成可檢驗的單位

低軌衛星以每秒約 7.5 公里的軌道速度運行，對任何想與它通訊的手機，衍生出兩項後果。距離持續改變，傳播延遲隨之變動，某一瞬間算準的傳輸，幾秒後便落在錯的時點抵達。衛星與手機沿視線方向的相對運動，則透過都卜勒效應使接收到的載波頻率偏移，調在某一通道上的接收機，會發現訊號落在旁邊。地面網路不會遇到這種量級的問題，因為基地台不移動，手機為連上它所做的時序修正很小，變化也慢。

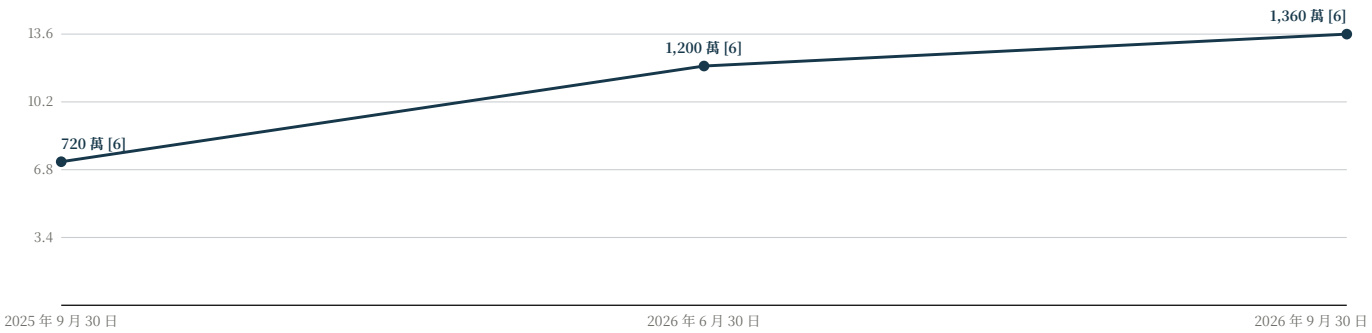
規範中既有的解法，是把工作放在裝置端。符合非地面網路規範的手機，會以衛星定位取得自身位置，再從網路廣播的資訊得知衛星位置，據以計算延遲與頻率偏移，並在發射前同時套用兩項修正。這就是上行預補償，也是為什麼具備衛星能力的傳統裝置，都是從一開始就把該規範設計進去、專門打造的機種。

困難來自既有裝置存量。市面上多數手機僅為地面網路而造：它們沒有非地面網路規範，不計算衛星幾何關係，發射時就當基地台是靜止而且就在附近。想服務這些手機的網路，必須在自己這一側吸收修正，這正是網路端下行補償所指的事：網路以特定方式發射，讓未經修正的裝置收到接近它原本預期的訊號，再由有能力的裝置，自行消除因其在波束中所處位置而殘留的誤差。其後果既是技術的，也是商業的，因為它決定衛星覆蓋能否成為人們手上既有手機的一項功能。

這項修正的量級，可以在不宣稱任何網路實測數據的前提下呈現。採一階近似關係——都卜勒頻移量等於載波頻率乘以徑向速度再除以光速——並將沿視線方向的徑向速度設為示意性的每秒 7.5 公里，可得700 MHz 約 17.5 kHz、1.9 GHz 約 47.5 kHz、2.1 GHz 約 52.5 kHz、2.6 GHz 約 65.0 kHz。圖 3 繪出這組數字。這些是在明確假

圖 2｜ 各揭露期末的 Starlink 消費型訂戶數

各期末 Starlink 消費型訂戶數（百萬）



期末消費型服務門號。年增 88.9%，最近一季增加 13.3%。

消費型寬頻成長快速，而它衡量的族群，與衛星直連手機服務並不相同。這裡統計的是消費型服務門號，不含受託管理的企業及政府客戶。衛星直連手機的裝置數回答的是另一個問題，應放在另一條軸上。

範圍 數字為公司 2026 年第三季營運成果公告所揭露的期末值。本圖未就衛星直連手機的採用率、付費使用者或每戶平均營收提出任何主張。

表 1｜ 商業紀錄：各業者已推出什麼服務，又承載哪些功能

每一筆資料均取自電信業者自身的公告或監理申報。最右欄的進程各地一致：先簡訊，再應用程式資料，較完整的語音與寬頻仍在後頭。

業者與市場	首次推出	推出時承載的功能	目前進展
One NZ，紐西蘭	2024年12月19日	僅限簡訊	同類服務中的全國性服務，以符合資格的手機與資費方案為限[9]
Telstra，澳洲	2025年6月7日	僅限簡訊	該業者稱其為澳洲首見，與 Starlink Direct to Cell 共同提供[10]
T-Mobile，美國	2025年7月23日	簡訊，並自 2025年10月1日起提供應用程式資料	透過 650 顆以上衛星提供應用程式資料，包含於特定資費方案，或每月 10 美元[11]
KDDI，日本	2025年8月28日	簡訊，其後提供應用程式資料	已於 2026年8月10日就下一代衛星簽約，目標為 2027 年底前提供寬頻與語音通話[8]
Rogers，加拿大	2025年7月，以免費試用形式	簡訊，以及簡訊報案	自 2025年12月9日起提供付費服務，每月 15 美元，並支援應用程式語音與視訊[12]
VEON，三個市場	2026年9月與10月	簡訊，並支援部分應用程式	哈薩克、孟加拉與烏克蘭；截至 2026 年 10 月 19 日，累計超過 1,100 萬名不同使用者曾連線至少一次[7]

SpaceX 在其公開說明書中另列出多家合作業者，包括 Optus、Salt、Entel 與 Virgin Media O2。合作關係與已推出的商業服務是兩種不同狀態；本表僅列出由該業者或監理申報公告過的推出紀錄。

設下的模型包絡值：實際徑向速度會隨仰角、軌道、波束幾何與地球自轉而變，每秒 7.5 公里是軌道速度的量級，在此權充徑向分量，若有實測的視線方向速度可進一步修正；系統亦會透過補償縮小接收機實際面對的殘餘誤差。這些數字既非實測干擾，也非手機耐受度，更非實際傳輸速率。

由此帶出目前這項工作所環繞的架構問題，圖 4 將兩種候選架構並列。網路可以在同一顆衛星、同一載波上，把兩類裝置分別配置到不同的服務小區，各自承載其裝置原本預設的條件。這個做法在現有條件下可行，代價是每個服務小區都必須廣播的共用通道，會在同一載波上被承載兩次。另一種做法是共用服務小區，讓兩類裝置同處其中，由網路施加共同修正，再由各有能力的裝置自行修掉殘差。這個做法以工程複雜度換取頻譜：隨機接取須容許更寬的誤差、需要新的訊令讓網路得知某裝置還需要多少修正，並須對整個覆蓋範圍內可容許的殘餘時間與頻率誤差訂出上限。

兩種做法都有代價，而這個問題有用的提法，是兩者的交叉點落在哪裡。分開服務小區所耗用的容量，與共用通道占載波的比例、以及一顆衛星須運行多少服務小區成正比。共用服務小區省下這部分，再把它花在精度、能力訊令、一致性測試，以及「早於該功能問世的裝置，遇上為此功能設計的服務小區時會如何反應」之上。一旦有具體文件提供數值，這項比較就可被檢驗：將淨容量增益定義為「省下的重複共用通道資源，減去新增的訊令與處理資源」，並在兩種情況下固定頻寬、服務小區覆蓋範圍、裝置比例、子載波間距與流量假設。每一項都須有來源，才談得上公布量化優勢。9 月核准的工作項目，實質上就是一道指示：在產業押注任何一方之前，先找出交叉點在哪裡。這也是為什麼它的研究階段，比它的名稱更值得注意。

5 擔任工作項目報告人，究竟代表什麼

工作組的提案清單衡量的是參與程度。工作項目登錄提供了另一個更具制度意義的視角，因為每一項工作項目都設有報告人：負責協調技術說明、推動文本通過各工作組，並向全會回報進度的一方。這項職務帶來能見度與協調責任，但不讓擔任者決定工作組的技術結論。在該登錄上，SpaceX 是兩項 Release 20 工作項目的報告人：為美國 1900 MHz 頻率分配導入新的 NR FDD 頻段，以及對應的 LTE FDD 頻段[23, 24]。NR 項目 的效能建構區塊登錄了具名報告人，即 SpaceX 的 Anatoliy Ioffe，負責工作組為 RAN4[25]。一家發射公司，在行動通訊頻段 的導入上執筆。

這份登錄也回答了一個商業報導常常弄反的問題。承載本報告所談裝置相容性議題的「採下行補償的 NR 非地面網路」工作項目，登錄的報告人是高通[26]。6 月核准的另外兩項 Release 20 非地面網路項目，則分別由 Thales 負責 GNSS 韌性運作、Sony 負責延伸保護頻帶[27, 28]。表 2 將這五項並列，圖 5 則呈現這五個職務的分布。這個分布值得細看：衛星業者負責頻段項目，晶片供應商負責相容性項目，國防與太空供應商負責韌性項目，零組件廠負責保護頻帶。整套工作的責任分散在四個產業之間，也精簡地呈現出：在衛星直連手機能夠大規模運作之前，有多少技術方需要彼此協調。

有一項細節，能把「有來源的敘述」與「轉述的敘述」分開。四項非地面網路與頻段工作項目，都是在 6 月全會依 RP-2615xx 編號的文件核准的。如今四項都改以 9 月編

圖 3｜ 在單一明確假設下，都卜勒頻移量隨載波頻率等比放大



為計算值，未引用任何文件：都卜勒頻移量等於載波頻率乘以徑向速度再除以光速。SCS 為 15 kHz 子載波間距。7.5 km/s 是軌道速度的量級，在此權充徑向分量，因此這些是補償前的示意性量級，並非量測值、手機耐受度或殘餘誤差。

在相同的假設徑向速度下，都卜勒頻移量隨載波頻率線性放大；2.6 GHz 這一例在補償前，約達 15 kHz 子載波間距的 4.3 倍。本圖為時間與頻率修正問題提供一個工程尺度，可行性仍留待鏈路預算、同步與一致性測試研究判定。

範圍 依一階都卜勒關係計算，沿視線方向的徑向速度設為每秒 7.5 公里，光速取每秒 299,792,458 公尺。數值為補償前的示意性量級，並非量測值、耐受度或殘餘誤差。

圖 4｜ 一個或兩個服務小區：兩種候選架構，以及各自仍待解決的問題

	同步	隨機接取	廣播與共用通道	能力與接取控制
架構 A：分開的服務小區	各服務小區只服務一類裝置，各自維持原本的假設	預補償裝置沿用既有前導碼，其餘裝置另設一組組態	同一載波上，每個服務小區各自承載一份共用通道	以接取限制把裝置留在與其相符的服務小區內
架構 B：共用服務小區	由網路施加共同修正，有能力的裝置再自行消除殘差	單一組前導碼組態必須容忍更大的殘餘誤差	共用通道只需為兩類裝置各承載一份	網路必須知道每一部裝置還需要哪一種修正
仍待釐清的事項	殘餘時間與頻率誤差的容許範圍，以及適用多大的覆蓋足跡	在混合裝置族群下的偵測率與誤警率表現	所省下的資源是否足以抵銷增加的複雜度	新增的訊令，以及早於該功能的裝置會如何反應
各選項的代價	殘餘誤差決定覆蓋足跡的上限	較寬的容忍度要以偵測餘裕來換	省下重複的廣播，就是全部的效益	新增訊令，以及既有裝置的反應

兩種架構都要服務會做預補償的手機，以及不會做預補償的手機。前者把兩者分開，以重複承載的共用通道支付這份分隔；後者把兩者放在一起，以網路精度與新增訊令支付。第三列列出的，正是研究階段存在的意義——那些待回答的問題。

範圍 各列描述的是任何服務架構都必須提供的功能。各格所載為該做法的必要條件，並未對標準流程最終會採用哪一種表示意見。

表 2｜ 由誰執筆：Release 20 非地面網路與頻段工作項目的報告人

下列各欄均印在 3GPP 自身的工作項目登錄上。報告人是負責承擔工作項目文本的一方，這使其成為目前可取得、最直接的制度地位公開指標。

工作項目	報告人	版本與狀態	執行至	登載文件
採下行補償的 NR 非地面網路	高通（Qualcomm）	Release 20，於 RAN#113 核准	2027年9月，核心部分至 2027年3月	RP-262263，並載有「整項工作項目在 2026 年 12 月之前實為研究項目」之註記[26, 29, 30]
具 GNSS 韌性的 NR 非地面網路運作	Thales	Release 20，於 RAN#112 核准	2027年9月	RP-261631，取代 6 月的文件[27]
NR 非地面網路與 IoT 非地面網路的延伸保護頻帶	Sony	Release 20，於 RAN#112 核准	2027年3月	RP-261969；僅有核心部分，無效能部分[28]
美國 1900 MHz 分配之新 NR FDD 頻段	SpaceX	Release 20，於 RAN#112 核准	2027年9月	RP-261910，效能部分登錄具名報告人為 SpaceX 的 Anatoliy Ioffe[23, 25]
美國 1900 MHz 分配之新 LTE FDD 頻段	SpaceX	Release 20，於 RAN#112 核准	2027年9月	RP-261912，取代 6 月的文件[24]

狀態欄所用的，是 3GPP 登錄本身印出的字詞；五項均為經核可程序後核准。報告人負責文本，並不決定各工作組達成何種共識。登載文件為現行的工作項目說明書；6 月核准的四項之中，每一項所載的都是 9 月的文件編號，因為原本 6 月的文件已被取代。

號的工作項目說明書為準，該批文件在馬德里會議開議前數日上傳至該會議資料夾，登錄亦於 2026 年 9 月 28 日一併記錄此次替換[27, 23, 24, 28, 31, 32]。只拿到 6 月編號的讀者， 會被指向已被取代的文件；本報告引用的是 現行文件。

下行補償工作項目另有一個欄位值得全文照錄。除了 2026 年 9 月 9 日的起始日與 2027 年 9 月 9 日的結束日之外，其登錄條目記載：整項工作項目在 2026 年 12 月以前實為研究案；而工作項目說明書本身，於 9 月 17 日上傳至馬德里資料夾[26, 33]。那是一行行政註記，並未承載任何會議的決定，也不應被讀成決定。它確立的是：12 月全會是由維護這份紀錄的人自己寫進紀錄裡的查核點，而日期的選定與本報告無關。核心建構區塊由 RAN1 負責，執行至 2027 年 3 月；效能建構區塊由 RAN4 負責，執行至 2027 年 9 月[29, 30]。

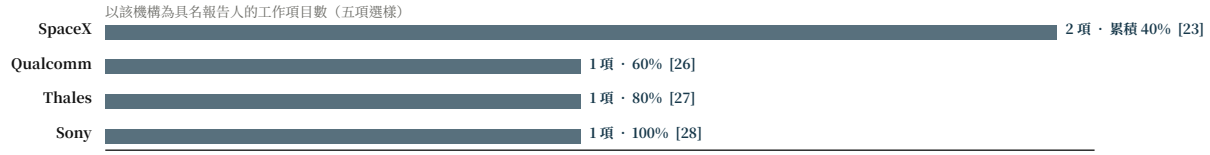
6 馬德里的十一隻手，以及那支筆的去向

SpaceX 在 2026 年的參與，環繞著兩項相互關聯的限制：衛星網路可以使用哪些頻段，以及哪些手機真的能在這些頻段上運作。前者取決於頻譜使用權、無線電規格與干擾保護；後者取決於手機既有的能力、網路端補償，以及跨廠商互通。以下每一項決定，都以承載它的文件、所改變的狀態，以及隨之而來的後果來標示。依序讀下來，它們描述的是一家公司，如何認識到進入一個自己無法主導的程序，要付出什麼代價。

新加坡推進了頻段議程。RAN#112 核准美國 1900 MHz 頻率分配的新 NR 與 LTE 工作，SpaceX 擔任相關項目的報告人，因而在這些頻段如何進入行動通訊規格體系上，取得明確的角色[23, 24]。GNSS 韌性與延伸保護頻帶等另外的項目，則由其他報告人負責，顯示衛星服務同時取決於定位韌性、射頻特性與共存條件[27, 28]。隨之而來的商業問題很具體：一個頻段何時會出現在手機數據機、射頻前端、一致性測試，以及電信業者的商用網路裡。工作項目獲准開啟了那條工程路徑，並未走完它。

馬德里，是這套方法遇上這個機構的地方。孤掌難鳴，而 SpaceX 這次集合了許多隻手：它關於強化時間與頻率補償的工作項目 RP-262170，列出十一家來源機構，包括 Apple、Boost Mobile Network、Charter、EchoStar、KDDI、LG Electronics、聯發科、高通、Rogers 與 Telstra[34, 35]。會上的反對意見直接而具技術性：該提案會把依前三個版本打造的裝置排除在範圍之外。這項反對帶有商業份量，

圖 5｜ 本選樣五項工作項目的報告人分布



母體為表 2 所列五項具名 Release 20 工作項目，故 N = 5。累積比例依件數由多至少往下累加。若要做3GPP 提案的全量普查，需要完整文件紀錄，依會議與文件號去重，並將來源機構名稱標準化；本選樣無法支撐該類主張。

在這五項選樣中，SpaceX 擔任兩項報告人，Qualcomm、Thales 與 Sony 各一項，累積比例依序為 40%、60%、80% 與 100%。有用的讀法是：頻段類項目與技術支援類項目，各由不同業者主導。

範圍 母體為五項具名的 Release 20 工作項目，因此樣本數為五。本圖無法支撐關於 3GPP 整體提案集中度、技術影響力或全產業決策的任何主張。完整母體版本需要全量文件紀錄，依會議與文件號去重，並將來源機構名稱標準化。

因為那些裝置早已售出，而一項讓它們落在範圍外的標準，等於把升級成本轉嫁給當初賣出它們的一方。主席將此問題移至休息時間的場外討論，並指派高通擔任主持人[36]。

從那個場外討論帶回來的結論，重設了整件 事的條件。主持人彙整報告載明，Amazon 擔憂裝置生態系因此分裂，中興與 CSCN 則 認為這項工作無法保證既有衛星可用手機在 不損及效能的前提下繼續獲得服務。各方立 場，從它們各自所處的位置讀來都很清楚： 晶片供應商供貨給每一條手機產品線，生態 系分裂首先是它的風險；自家另有衛星計畫 的業者，會把依另一個星系幾何條件寫成的 補償方案，讀作別人的規格；已經出貨非地 面網路裝置的業者，保護的是自己賣出去的 那批用戶。其結論是：起草一份帶有研究階 段的工作項目，並在下一次全會設置查核點， 再決定是否進入規範工作[37]。SpaceX 自己 的提案未獲續推。最終通過的 RP-262263 來自高通，依該彙整報告起草；秘書處當場 指出這份文件沒有規範性目標、也沒有支持 公司名單，RAN 主席要求補上支持公司， 而全會紀錄以四個字記下結論：未經審視即 予核准[36, 33]。十一隻手舉了起來，而最後 落筆的那支筆，屬於主持人。

同一週，也檢驗了這套策略的另一半；表 3 依紀錄原貌，呈現了這一週。三項提案要求 3GPP 將地面頻段納入非地面網路使用：美國的 PCS 頻段、澳洲的頻段、日本的 2 GHz 分配。它們的來源清單讀來像一份產業普查——第一項十一家機構，第二項十七家，名單中有 Ericsson、Nokia、Sony、Meta、BMW 與豐田 ITC，三項都有將來要承載服務的電信業者[38, 39, 40]。SpaceX 親自主持討論，並以 RP-262246 彙整；會議未取得共識，三項提案均未獲續推[41, 36]。 這些長長的連署名單之所以未能推動任何事，原因就在它們所要求的內容本身。在地面頻譜中開出一個新的衛星頻段，在成為無線電規格之前，先是一項國家頻率分配決定；而那些執照將被用來承載此一服務的電信業者，簽的是支持一項研究，並非同意共用自己的頻譜。同一間會議室、同一週，SpaceX 以零共同提案機構送出的兩項工作項目——美國 1900 MHz NR 與 LTE 頻段的修訂說明書，其執照正由它以自身名義取得——獲得核准[36, 23, 24]。這組對照，是 2026 年紀錄中最具啟發性的事實：當這家公司只要求整理自家的房子，全會同意了；當它要求整個產業為衛星打開地面頻段，十七家機構的陣容仍未推動任何事。既有地面網路需要對總和干擾的保護，而頻譜能否使用，取決於各國的頻率分配、執照條件與營運核准[13, 17, 19, 22]。那就是鄰里，而他們在九月並未被說服。

卡加利是一場證據檢驗，而在本報告資料截止時，它仍在進行。無線電與系統各工作組於 2026 年 11 月 16 至 20 日在當地開會，因此 11 月 19 日當天會議仍在議程中，其結論尚未進入正式紀錄[42, 43, 44]。各報告資料夾目前只有骨架文件，這是主席紀錄仍在彙整中的會議的常態；而馬德里全會自身的報告，是在會議結束四週後的 10 月 12 日公布，這也是讀者在卡加利結果可被引用之前應預期的間隔[45, 46, 36]。本週發布的報告可以說明哪些問題被帶到了卡加利，而會前提案不能當作已議定的結果。等紀錄到齊後，有用的提問是：同一技術議題的各份提案，是否收斂到可相互比較的結果——網路補償後的殘餘時間與都卜勒誤差有多大，不同能力的手機在隨機接取時的偵測率與誤警率如何，以及共用服務小區在計入新增訊令與接收機複雜度之後，究竟回收了多少共用通道容量。任何基準數據都應揭露其裝置組合、頻段、衛星幾何、頻寬與基準設定。

波士頓要檢驗的，是可行性是否已轉化為可執行的規範工作計畫。值得尋找的證據包括：一份經核准的修訂工作項目說明書，載明規範範圍、負責工作組、裝置能力要求、可量測的效能條件與目標時程；提出相互競爭方案的各方，是否收斂到同一項技術機制；以及若研究延續，究竟是哪些反對意見仍然存在[26, 29, 30]。依 3GPP 自身的會議行事曆，無線電全會於 2026 年 12 月 7 至 10 日在波士頓舉行[47]。下行補償與地面頻段運作兩項結果必須分開追蹤，因為它們面對的工程與授權檢驗並不相同。

市場含意很具體。標準的進展，可以提高既有手機中技術上能使用衛星服務的比例；頻譜政策與裝置部署，則決定這項能力能在哪裡成為商業產品。因此，接下來最值得量化的指標是：合格的既有裝置數量、共用服務小區的淨資源效率，以及仍未解決的干擾或執照限制。圖 6 以狀態變化讀取這三條軌道，並略去會期安排。有一個框架性的要點應放在這裡，因為它是最可能傳到一般讀者耳中的誤解：這是 Release 20 的工作。

3GPP 將 Release 20 描述為規範內容僅限 5G-Advanced 的版本，同一版本同時承載為下一代所做的研究，而規範性的 6G 工作則落在 Release 21[48]。表 2 中的每一項都登錄在 Release 20；未來一年要決定的，是人們現在使用的手機與網路將如何處理衛星接取。

7 如何準確描述一項 3GPP 決定

報導標準組織出錯的方式是可預期的，而讀者若先了解這個失誤模式，收穫會多於任何單一結果。這套程序的用語有明確的次序。一份提案在公司送出時稱為「提交」；排入議程時稱為「討論」；會議記錄其存在而未予採納時稱為「備查」，主持人彙整報告通常就止於此；工作組主席把共識寫入會議紀錄時稱為「議定」；全會採納某項工作項目或變更請求時稱為「核准」；文本進入正式發布的技術規範時稱為「納入規範」。這是六種不同的狀態，而送出一份文件，無法預測它會走到哪一種。會議報告、工作項目登錄與已發布的技術規範各司其職，因此每一份都只能用來佐證它實際能確立的事。

對本主題而言，最重要的區別在於「將某項行為標準化」與「獲准使用它」之間。全會核准一項工作項目，是指示工程團隊撰寫文本。它不核發頻譜，不課予任何製造商實作該成果的義務，也無法確立主管機關是否會核准該文本所描述的服務。圖 1 中的三道關卡彼此真正獨立：一項功能可能完整規範卻因欠缺執照而無法使用，也可能已獲核准卻因沒有裝置而無從提供。任何把三者壓縮成「SpaceX 是否勝出」單一判決的敘述，都已丟失讀者需要的資訊。

第二項區別，規範了合作陣容該怎麼讀。共同署名一份提案，確立的是這些公司一起送出了該文件。它無法確立它們對文件內各項功能的看法一致，而 2026 年的公開紀錄顯示，同一批公司可能在某項技術問題上立場一致，在下一項上彼此對立。把署名清單當成同盟，會得到更整齊的故事與更不準確的敘述。本報告指明立場時，一律逐項議題指明；紀錄未能確立某公司在某項議題上的立場時，本報告即如此說明，因為未知的立場就是未知，把它讀成中立或讀成反對，兩者都是杜撰。

把這套標準套用到 12 月，可得到對波士頓全會的三種讀法，取代預測。若研究轉為

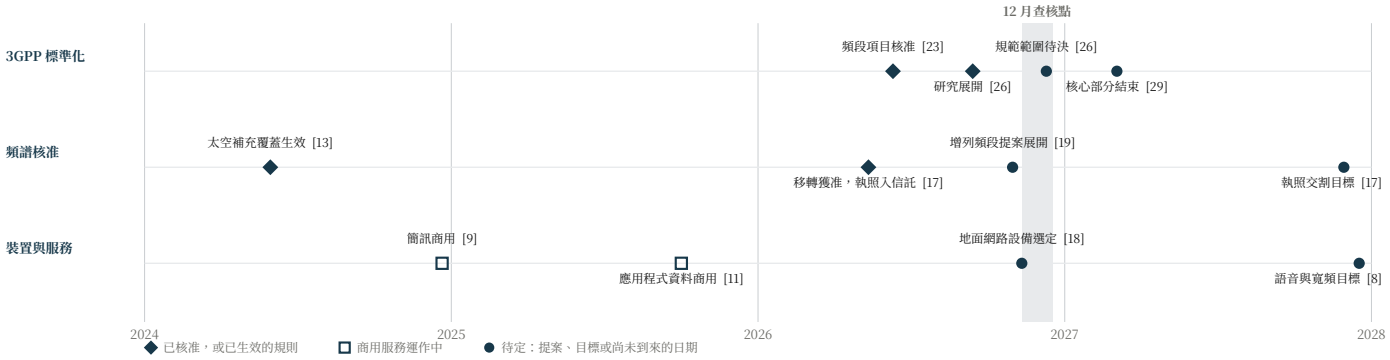
表 3｜ 馬德里的一週：提了什麼、誰提的，以及全會如何處置

每一列都是 3GPP 自身會議報告對該文件所記載的決定，來源機構依文件原列方式呈現。把最右欄與它左邊那一欄對照著讀：列名最多的提案，正是推進最少的那些。

文件	提案內容	文件所列來源機構	全會決定
RP-262170	採強化時間與頻率補償的 NR 非地面網路工作項目	SpaceX、Apple、Boost Mobile Network、Charter、EchoStar、KDDI、LG Electronics、聯發科、高通、Rogers、Telstra	未獲續推[35, 36]
RP-262224	就該議題所作的場外討論主持人彙整報告	高通，由主席指派擔任主持人	備查，並作成結論：起草一份帶有研究階段的工作項目，於 RAN#114 設置查核點[37, 36]
RP-262263	依該彙整報告起草的工作項目	高通	核准；登錄載明其在 2026 年 12 月以前為研究案[33, 26]
RP-261832	供美國非地面網路使用的 PCS 頻段	T-Mobile USA、Rogers、Telstra、高通、Ericsson、Nokia、SpaceX、Apple、KDDI、Meta、聯發科	未獲續推[38, 36]
RP-261845	供澳洲使用的非地面網路頻段	十七家機構，其中包括 Telstra、T-Mobile USA、KDDI、Rogers、SpaceX、Apple、聯發科、高通、Ericsson、BMW、豐田 ITC、Sony、Cohere、Ofinno 與 Meta	未獲續推[39, 36]
RP-261959	供日本使用的 2 GHz 非地面網路分配	KDDI、SpaceX、T-Mobile USA、Rogers、Telstra、Ericsson	未獲續推[40, 36]
RP-262246	衛星使用地面頻段的場外討論彙整	SpaceX，由主席指派擔任主持人	備查；未取得共識[41, 36]
RP-261910、RP-261912	美國 1900 MHz NR 與 LTE 頻段的修訂說明書	SpaceX	核准[36, 23, 24]

文件上列出一家來源機構，確立的是該機構為這份文件具名。它無法確立同一機構在同一週其他議題上所持的立場；因此本表逐份文件呈現，每一項處置均依會議報告原本的用語引述。

圖 6｜ 通往可用手機的三條軌道：標準、頻譜核准與服務



每一個節點標示一次狀態變化，日期以記錄該事項的機構為準。三條軌道不合併，因為其中一條的決定，不等於另一條也有了決定。研究階段於標籤文字中註明，因為三種標記僅區分已核准、商用中與待定。本圖不列任何會期安排。

同樣的四年，以三種方式閱讀，並以狀態變化標註。每一個節點標示的都是已經改變的狀態：工作項目的核准或修訂、執照移轉獲准與交割完成的對照、能力測試完成與商業啟用的對照。三條軌道刻意不合併，因為其中一條的決定，不等於另一條也有了決定。陰影區段標示的，是工作項目登錄自身所指認的 12 月查核點。

範圍 資料為 3GPP 工作項目紀錄與會議行事曆、聯邦公報與公司監理申報，以及電信業者與公司公告，均以 2026 年 11 月 19 日為準。各節點呈現的是狀態，本圖不列任何會期安排。

具有明確架構的規範性工作，正確的描述是：一項由 SpaceX 參與發起的構想，已進入規範撰寫階段，而實作、認證與頻譜核准都還在前面。若研究經過精修、縮小範圍或延長，正確的描述是：可行性仍有爭議，這對這種規模的問題而言是常見結果。若無線電工作推進，而衛星在地面頻段運作這項獨立問題仍未解決，正確的描述是：兩條軌道以不同速度前進，而這也是全年紀錄最容易支持的結果。本報告對三者皆不表態，不指派機率，並於 表 4 列出每一種結果在文件本身會呈現的樣貌。

8 三個機構，三種時間尺度

三道關卡以不同速度開啟，這個落差本身就是營運問題。標準組織依全會週期運作：提案在會前送達，工作組在全會之間開會，錯過一個週期的決定就要等下一個。主管機關依卷證運作：提案公告後，評論與回覆期間依序進行，待委員會表決才發布命令。裝置生態系則依晶片與認證運作：一項數據機功能進入某個晶片世代，以該晶片為核心的手機進入量產，而在這些能以合規名義銷售之前，一致性驗證程序必須先存在。標準、監理與裝置生態系，各有自己的時程。

耐心是走出困境的一把鑰匙；對一家以速度見長的公司而言，這是一把用起來並不舒服的鑰匙。衛星業者自身的推進速度比這三者都快，而且不受任何一方節制。衛星可以批次製造與發射，部署時程也能靠增加班次調整。其後果是一種反覆出現的不對稱：軌道能力先於使用核准到位，使用核准先於讓它可互通的標準，而標準又先於實作它的裝置。每一段落差，都是資本已在軌道上、卻尚未從其所瞄準的市場獲得任何收益的期間。

這項不對稱，比任何競爭態勢的敘述都更能精簡地解釋這套策略。參與 3GPP、擔任報告人，以及在電信業者、晶片供應商與手機廠之間聚攏共同提案者，都是依該機構自身時程行事的方式。它們很慢，而它們能觸及一支該公司並未製造的手機。專屬路線——自訂波形與專用裝置——面對的市場較小，也放棄了既有裝置存量，而正是這份存量，讓衛星直連手機值得為它布建整個星系。較慢的那條路，終點是一支早已在人們口袋裡的手機；較快的那條路，終點是一支得先製造、先鋪貨、先賣出去，才談得上接通一通電話的手機。馬德里顯示了這段時程由他人掌握時的條件：一份有十一家具名的提案被擱置，而筆交到了受託仲裁它的那一方手上。2026 年 12 月，是一連串更長的工程與商業決策裡，下一個明確的查核點。若波士頓把下行補償研究轉為界線分明的規範路徑，結果將顯示：一個源於商業衛星的問題，已成為可被實作的行動通訊標準化工作。若工作仍然開放，那些尚未解決的問題，也會指出技術證據或跨廠商共識還缺在哪裡。無論哪一種結果，都比「SpaceX 是否勝出」的判決更有用。

參考來源

1. Space Exploration Technologies Corp. Announces Pricing of Initial Public Offering; SpaceX investor relations, 11 June 2026. ir.spacex.com
2. Space Exploration Technologies Corp. Announces Closing of Initial Public Offering, Including Full Exercise of Underwriters’ Option to Purchase

表 4｜ 12 月各種結果在紀錄中會是什麼樣子：會議之前先行載明

每一列都指明可以解決該問題的文件，以及該文件中必須出現的字句。由於是會前寫下的，這項判準無法事後調整以迎合實際發生的結果。

問題	在何處可獲解決	文件中呈現「是」的樣子	若工作延續，會看到什麼
下行補償是否成為規範性工作？	RAN#114 會議報告，以及接續 RP-262263 的工作項目說明書	經核准的工作項目說明書，載明規範目標、負責工作組與明確時程	研究延續、範圍縮小，或將未解決的假設載入紀錄
兩類裝置能否共用同一個服務小區？	工作組的議定結論，以及其後的變更請求	一項具名機制、一項用以通告該機制的裝置能力，以及其成立的條件	多種候選方案並存，或仍以分開服務小區的做法為優先
衛星是否得於地面頻段運作？	接續 9 月那份的主持人彙整報告，以及全會紀錄	載入紀錄的共識或經核准的工作項目，並附有明文的干擾保護條件	相互競爭的研究仍在，彙整報告僅予備查而未取得共識
是否正在形成穩定的技術合作陣容？	同一議題下各文件的來源機構欄位與會議紀錄	在同一議題上反覆共同提案，且對核心機制立場一致	共同署名出現在相鄰但不同的議題，或技術偏好仍有分歧
手機端是否已有可落地的認證途徑？	無線電工作組的一致性測試工作，以及已公布的晶片支援情形	可驗證的頻段與要求，並有認證機構可據以執行的一致性程序	仍停留在可行性層級的設計，沒有可部署的驗證途徑

左欄陳述的是問題，本身不含預測。右側兩欄的寫法，是為了讓讀者能依本報告在會議之前所訂的同一套標準核對實際結果，而非依會後才寫出來的描述。

Additional Shares; SpaceX investor relations, 15 June 2026. ir.spacex.com

3. Quarterly report on Form 10-Q for the period ended 30 September 2026; Space Exploration Technologies Corp. sec.gov

4. Prospectus filed under Rule 424(b)(4); Space Exploration Technologies Corp., 12 June 2026. sec.gov

5. Registration statement on Form S-8 and reoffer prospectus; Space Exploration Technologies Corp., 22 October 2026. sec.gov

6. Third-quarter 2026 results release; Space Exploration Technologies Corp., 20 October 2026. sec.gov

7. Third-quarter 2026 earnings release, furnished on Form 6-K; VEON Ltd., 6 November 2026. sec.gov

8. KDDI Signs Asia's First Starlink Mobile V2 Agreement; KDDI, 15 September 2026. kddi.com

9. One NZ Satellite TXT service launch; One New Zealand, 19 December 2024. one.nz

10. Australia's first satellite to mobile text messaging product; Telstra, 7 June 2025. telstra.com.au

11. T-Satellite with Starlink data service; T-Mobile US, 1 October 2025. t-mobile.com

12. Rogers First to Launch Satellite-to-Mobile Service with Must-Have Apps; Rogers Communications, 9 December 2025. rogers.com

13. Single Network Future: Supplemental Coverage From Space; Space Innovation, Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking, FCC 24-28, GN Docket No. 23-65 and IB Docket No. 22-271; adopted at the open meeting of 14 March 2024, released 15 March 2024, published at 89 FR 34148. govinfo.gov

14. Starlink Direct to Cell Service Now Available; SpaceX service notice. starlink.com

15. Petition for reconsideration of FCC 24-28 filed by Space Exploration Holdings, LLC; Report No. 3214, GN Docket No. 23-65. govinfo.gov

16. EchoStar Announces Spectrum Sale and Commercial Agreement with SpaceX, exhibit to a current report on Form 8-K; EchoStar Corporation, 8 September 2025. sec.gov

17. Quarterly report on Form 10-Q for the period ended 30 September 2026; EchoStar Corporation. sec.gov

18. SpaceX Selects Qualcomm to Accelerate Starlink Mobile's Nationwide 5G Network; Qualcomm Technologies, San Diego, 4 November 2026. qualcomm.com

19. Sunshine Act notice for the Federal Communications Commission open meeting of 29 October 2026, listing a Notice of Proposed Rulemaking on Unleashing Licensed Spectrum for Direct-to-Device, GN Docket No. 26-281, and Single Network Future: Supplemental Coverage from Space, GN Docket No. 23-65; 91 FR 68146. govinfo.gov

20. Unleashing Unlicensed Spectrum for Direct-to-Device, Notice of Proposed Rulemaking, FCC 26-51, ET Docket No. 26-169; adopted 6 August 2026, released 7 August 2026. govinfo.gov

21. Public Law 119-21, section 40002, Spectrum auctions; enacted 4 July 2025. govinfo.gov

22. World Radiocommunication Conference 2027 preparatory studies, agenda item 1.13; International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector. itu.int

23. Work item 1120125, Introduction of a new NR FDD band for the US 1900 MHz allocation; Release 20, approved at TSG RAN#112. portal.3gpp.org

24. Work item 1120126, Introduction of a new LTE FDD band for the US 1900 MHz allocation; Release 20, approved at TSG RAN#112. portal.3gpp.org

25. Work item 1122125, Perf. part: Introduction of a new NR FDD band for the US 1900 MHz allocation; responsible group RAN4. portal.3gpp.org

26. Work item 1130045, NR NTN using Downlink Compensation, acronym NR_NTN_DLCOMP; 3GPP work item record, Release 20, approved at TSG RAN#113. portal.3gpp.org

27. Work item 1120122, GNSS (Global Navigation Satellite System) resilient NR-NTN (Non-Terrestrial Networks) operation; Release 20, approved at TSG RAN#112. portal.3gpp.org

28. Work item 1120124, Extended guard band for NR NTN and IoT NTN; Release 20, approved at TSG RAN#112. portal.3gpp.org

29. Work item 1131045, Core part: NR NTN using Downlink Compensation; responsible group RAN1, ending 3 March 2027. portal.3gpp.org

30. Work item 1132045, Perf. part: NR NTN using Downlink Compensation; responsible group RAN4, ending 9 September 2027. portal.3gpp.org

31. 3GPP TSG RAN#112 document folder, Singapore; the meeting's submitted documents as listed. 3gpp.org

32. 3GPP TSG RAN#113 document folder, Madrid; the meeting's submitted documents as listed. 3gpp.org

33. RP-262263, the work item description of record for NR NTN using Downlink Compensation; 3GPP TSG RAN#113 document folder. 3gpp.org

34. RP-262169, Motivation for NR NTN using Enhanced Time and Frequency Compensation; 3GPP TSG RAN#113 document folder. 3gpp.org

35. RP-262170, New WID on NR NTN using Enhanced Time and Frequency Compensation; 3GPP TSG RAN#113 document folder. 3gpp.org

36. RP-262271, the report of 3GPP TSG RAN#113, Madrid; meeting report folder. 3gpp.org

37. RP-262224, Moderator’s summary on new work item for introduction of downlink time-frequency pre-compensation for NTN; 3GPP TSG RAN#113 document folder. 3gpp.org

38. RP-261832, New WID: Introduction of NR-NTN PCS band; 3GPP TSG RAN#113 document folder. 3gpp.org

39. RP-261845, New WID on Introduction of NR-NTN band for Australia; 3GPP TSG RAN#113 document folder. 3gpp.org

40. RP-261959, New WID on Introduction of NR-NTN band for 2GHz Japanese frequency allocation; 3GPP TSG RAN#113 document folder. 3gpp.org

41. RP-262246, Summary of offline discussions on NTN in terrestrial bands; 3GPP TSG RAN#113 document folder. 3gpp.org

42. 3GPP TSG RAN WG1 meeting calendar. 3gpp.org

43. 3GPP TSG RAN WG4 meeting calendar. 3gpp.org

44. 3GPP TSG SA WG2 meeting calendar. 3gpp.org

45. 3GPP TSG RAN WG1 meeting #127 report folder, Calgary. 3gpp.org

46. 3GPP TSG SA WG2 meeting #178 report folder, Calgary. 3gpp.org

47. 3GPP TSG RAN meeting calendar, covering RAN#112 Singapore, RAN#113 Madrid and RAN#114 Boston. 3gpp.org

48. Release 20; 3GPP specifications and technologies. 3gpp.org

出版者聲明

資料來源、研究範圍與法律聲明

本報告以3GPP 官方文件與會議紀錄、美國聯邦通訊委員會（FCC）申報與命令、公司正式揭露與監理申報為主要依據，並明確區分來源事實與研究分析。本報告全文依循來源稽核紀律，標明並具體指出各項支持性來源引註，以支持重要事實與關鍵判讀的可追溯性、獨立審閱及來源層級的驗證。涉及關鍵判斷時，本文盡可能保留原始文件的必要引文，供讀者核對其脈絡與意義，使讀者得以直接檢視原始措辭，並依其來源脈絡評估該判讀。本報告區分正式來源所載事實與研究團隊提出的分析判斷，並使重要結論的依據透明化，使讀者與客戶得以對照原始紀錄檢驗關鍵判讀。前瞻性觀點僅在明示的條件下提出，除所引來源明確支持者外，對於資料無法支持的機率、排名或時程，不另行推估或作出承諾。本報告依現有公開資料編製，並以「現況提供」（AS IS）方式提供資訊，僅供資訊與教育目的，不構成法律、投資、會計、安全認證或工程方面的建議。對於準確性、完整性、特定目的適用性或未侵權，均不作任何明示或默示的陳述或保證。提及第三方個人、組織、產品、標準或服務，僅為提供資訊之目的，並不隱含與 Apex Standards 之間存在關係、受其贊助，或由其背書或對其背書。在法律允許的範圍內，Apex Standards 對於錯誤、遺漏、對本資訊的依賴，或因使用本資訊而產生的後果，均不承擔任何責任，亦不承擔於公布後更新、修改或修訂本報告的義務。

關於 APEX STANDARDS

Apex Standards 是一家獨立的技術、標準、市場與智慧財產情報機構，專注於關鍵及新興技術。我們提供先進的分析軟體平台、研究工具、經來源稽核的分析，以及策略顧問服務，涵蓋關鍵通訊標準、3GPP、IEEE、IETF、ITU、ETSI、Open RAN、多媒體編解碼器、JEDEC、半導體、光子學、AI 基礎設施、SEP 與 FRAND 授權，以及相關技術與供應鏈生態系。

我們以具決策品質且可供稽核的情報，支援政府、企業、研究機構、技術長與技術團隊、投資人及企業發展主管，協助客戶進行策略定位、市場與供應鏈分析、投資與併購盡職調查，以及技術評估。我們協助客戶減少策略盲點、發掘被忽略的風險，並更早識別高價值機會。

網站: www.apexstandards.com

電子郵件: support@apexstandards.com