

RedCap：全新行動通訊物聯網技術即將掀起 5G 狂潮

■作者：Dylan McGrath
是德科技 5G 產業解決方案專家

近年來，行動通訊產業陸續推出多項無線技術，旨在強化物聯網 (IoT) 裝置與網際網路的連接性。表 1 列出這些行動通訊 IoT 技術，包括 LTE Cat M、擴展覆蓋範圍的 GSM 物聯網 (EC-GSM-IoT)，以及窄頻物聯網 (NB-IoT) 等。開發這些技術的初衷是，盡可能降低行動通訊連接成本，全面提升遠距無線存取的成本效益。

其中最新、最強大的行動物聯網 (CIoT) 技術，是業界首見的，且可充分發揮 5G 優勢。第三代合

作夥伴計畫 (3GPP) 第 17 版標準包含多項增強特性，使得 RedCap(Reduced Capability) 裝置能夠連接 5G 網路並順利運作。

顧名思義，5G RedCap 裝置可透過 5G 來連上網際網路，但它們不具備智慧型手機和其他 5G 進階用戶端設備等傳統裝置的所有功能和效能。雖然穿戴式設備、感測器、監控設備，以及其他 IoT 設備等 RedCap 裝置的傳輸速率、頻寬和延遲，完全達不到 5G 要求，但有一些嚴格的限制，可有效降

表 1：行動通訊 IoT 技術比較表。

| Legacy Cellular IoT Technologies | | | |
|----------------------------------|--|--|--|
| | NB-IoT (Rel-13) | LTE-M (Rel-12/13) | EC-GSM (Rel-13) |
| Range max. coupling loss | < 15 km 164 dB | < 11 km 144 dB | < 15 km 164 dB |
| Spectrum bandwidth | Licensed 700 – 900 MHz 200 kHz or shared | Licensed 700 – 900 MHz 1.4 MHz or shared | Licensed 800 – 900 MHz 2.4 MHz or shared |
| Data rate | < 100 kbps | < 1 Mbps | |
| Voice service | No | Yes | Yes |
| Battery life | > 10 years | > 10 years | > 10 years |



表 2：第 17 版標準包含可降低成本和功耗的增強特性。

| 3GPP Release 17 RedCap Enhancements | | |
|---|---|--|
| Requirements per use case | Cost-reduction strategies | Low power consumption |
| <ul style="list-style-type: none"> Industrial sensors Wearables Surveillance | <ul style="list-style-type: none"> Reduced Tx / Rx and MIMO Reduced bandwidth Half-duplex and reduced antenna gain | <ul style="list-style-type: none"> Relaxed DL and RRM monitoring Extended disconnect receiver times Small data transmission |

低這些裝置的功耗和成本。5G 的大規模部署，帶動了 RedCap 裝置的發展，但為了在功能、成本和功耗之間取得最佳平衡，這些裝置僅提供極少的 5G 功能。

3GPP 為 RedCap 裝置指定了三種使用案例：工業感測器、監控裝置，以及穿戴式裝置。如表 2

所示，3GPP 的技術報告 (TR) 38.875 指定了每種使用案例的最大資料速率、端對端 (E2E) 延遲，以及服務可用性。

RedCap 的成本 / 效能取捨

為了降低複雜性、成本和功耗，RedCap 裝置

表 3：RedCap 降低成本策略的優缺點

| RedCap Cost Reduction Enhancement Comparison | | |
|--|-------------------------|--|
| Enhancement | Benefits | Trade-off |
| Reduced number of Tx and Rx with support for maximum DL 2x2 and UL SISO only | Strong cost reduction | Coverage and maximum data rates |
| Reduced bandwidth of 20 MHz (FR1) | Strong cost reduction | Coverage and maximum data rates |
| Half-duplex FDD instead of full-duplex FDD | Moderate cost reduction | Increased scheduling complexity as RedCap HD device will not monitor DL messages while communicating in UL |

使用的天線數量，少於標準的 5G 裝置。如此不僅可降低成本，還可減少多輸入多輸出 (MIMO) 層數。在下行鏈路，RedCap 裝置僅支援 2x2 MIMO，在上行鏈路則僅支援單輸入單輸出。

相較於標準 5G UE，RedCap 還限縮了裝置的頻寬能力，以限制功率放大器 (PA) 成本。RedCap 裝置在 FR1 中僅使用 20 MHz 的頻寬，在 FR2 則使用 100 MHz 的頻寬。

3GPP 第 17 版標準中，針對 RedCap 裝置導入了另一項可節省成本的增強特性，亦即半雙工分頻多工 (FDD) 傳輸。半雙工 FDD 使得 RedCap 裝置能夠使用交換器，而非全雙工 FDD 要求的雙工器，雖可大幅降低成本，但同時也帶來了一些缺點。RedCap 裝置無法同時收發信號，因為使用半雙工 FDD 的裝置具有下列特性：

- 不會檢測同一組符碼中下行鏈路和上行鏈路的調度資訊
- 如果配置為上行鏈路模式，就無法監控下行鏈路訊息
- 無法在監控下行鏈路時，同步傳送上行鏈路控制資訊

萬一發生衝突，RedCap 裝置將視特定執行情況來決定如何處理。

RedCap 省電增強特性

RedCap 還針對 5G 規格進行了多項簡化，以提高電源效率、將功耗降到最低，進而延長 RedCap 裝置的電池續航力。例如，與完整的 5G 規格相比，RedCap 採用更簡化的網路監控機制。RedCap 裝置可限制在實體下行控制通道 (PDCCH) 中監控的盲解碼和控制元件的數量，進而減少執行這些任務所需的功率。

RedCap 的另一項省電增強特性是擴展的不連續接收 (eDRX) 模式。在裝置未連網路或是閒置時，RedCap 會增加 eDRX 週期，進而延長 RedCap 裝置的電池續航力。對於固定式無線感測器等特定使用案例而言，更長的 eDRX 週期具有莫大的優勢，

而增加 eDRX 週期的代價是，減少固定式裝置的移動性。相關的應用有監控鐵軌的無線感測器，其只需定期連接到網路，便可傳輸資料。

RedCap 還放寬了對非基地台邊緣裝置的無線資源管理 (RRM) 要求，並加入了無線資源控制 (RRC) 非活躍狀態，因此 UE 無需轉換為 RRC 連接狀態，便能進行小型資料傳輸。這兩項增強特性的目標都是節省電源，並延長 RedCap 裝置的電池續航力。

降低 RedCap 裝置複雜性

RedCap 最後一項增強特性是簡化設計，以降低 RedCap 裝置的複雜性。這些增強特性雖有助於降低功耗和裝置成本，但主要目的是降低裝置的複雜性，以便將射頻元件安裝到極度小巧或非標準的裝置中，例如智慧型眼鏡等穿戴式裝置。

RedCap 具備多項可降低裝置複雜度的特性，包括：僅支援單載波 (不支援載波聚合)，而且支援單一連接，使得 RedCap 裝置只能在 5G 獨立模式下運作。RedCap 亦支援 5G 功率等級 3 (Class 3)，可限制裝置的有效全向輻射功率 (EIRP)，以縮小裝置電池的體積。

針對 5G 網路進行的改進

上述的第 17 版標準增強特性，主要是針對 RedCap 裝置而開發的。但它們對 5G 網路的影響也相當大。

RedCap 對 5G 網路的最大影響是，網路必須在隨機存取過程中，且在裝置持續連網時，針對 RedCap 的特定功能進行調適。專為 RedCap 導入的新資訊元素 (IE)，使得網路能夠根據 RedCap 裝置採取的動作來動態調整頻寬。例如，有些新的 IE 允許 RedCap UE 使用半雙工模式，駐留在基地台中。某些 IE 是讓 RedCap 裝置連接到某個基地台的必備要件；如未偵測到這些 IE，該基地台將禁止 RedCap 裝置進行連接；此時，RedCap 裝置便不得不啟動 RRC 程序，以連接到另一個具有這些 IE 的基地台。



有些新的 IE 則可將 RedCap 簡化功能應用於固定裝置和基地台邊緣裝置。

有些新的 IE 則與頻寬成分 (BWP) 配置相關，以便靈活地使用頻譜，並根據 UE 的動作來動態調整頻寬分配，以達成省電的目標。低頻寬也會影響裝置存取網路時所使用的隨機存取通道 (RACH) 程序。網路可為 RedCap 裝置指定一個 BWP，或縮小這些裝置連接到網路時所需的 BWP 大小。不過，這項增強特性對 RedCap 的助益有限，因為前面提及，RedCap 裝置的最大操作頻寬已縮減為 20 MHz。

為了讓網路能夠支援 RedCap 裝置，第 17 版標準中導入了新的信令參數和程序，要求裝置工程師檢查裝置的相容性，確保裝置能順利連網。為了進行除錯，5G 裝置開發工程師還需使用特定工具來檢查 RedCap 參數。

RedCap 市場展望

市場分析師相當看好 5G RedCap 裝置未來幾年的發展前景。分析師預計，第一批 5G RedCap 晶片將於今年和 2024 年間市，而第一批商用 RedCap

裝置則預計於 2025 和 2026 年間市。到 2026 年之後，商用 RedCap 裝置市場將大幅成長。產業和消費者將廣泛採用可用於健康監測和其他應用的 5G 穿戴式裝置、用於工業資料收集和資產追蹤之低成本無線感測器，以及用於智慧城市、工廠等的監控裝置。

和所有行動通訊裝置一樣，業界需藉助完整的測試方法和測試設備，來確保 5G RedCap 裝置的效能和相符性，以便盡快拓展市場。



Dylan McGrath 小檔案

Dylan McGrath 為是德科技 5G 產業解決方案經理。在加入是德科技之前，Dylan 在科技媒體、市場行銷和公關領域累積了 20 多年的工作經驗。他曾在 EE Times 擔任超過 10 年的編輯，期間有多年時間擔任這家擁有 50 年歷史之電子產業雜誌的主編。他還曾任職於 Electronic News、IHS Markit 和 Hoffman Agency。CTA

是德科技推出支援 5G RedCap 及行動物聯網 (CIoT) 產業開發的無線測試平臺

是德科技日前宣佈推出全新的 E7515R 解決方案，是一款基於是德科技的 5G 網路測試解決方案平臺所開發的簡易網路模擬器，針對協定、射頻 (RF) 以及包含 RedCap 在內所有的 CIoT 技術功能測試所設計。E7515R 擴展了是德科技的 5G 網路模擬解決方案系列，此系列包含業界最健全的解決方案，被用於驗證完整的行動裝置開發流程，從早期設計、驗收到應用皆涵蓋在內。



5G RedCap 規格的問世，使得業者得以推出具精簡 5G 功能的無線裝置。這些裝置的複雜度和功耗都較低，可有效支援最新的 CIoT 使用案例，如工業感測器和智慧型手錶等穿戴式裝置。如同其他行動通訊裝置，在推出 RedCap 裝置之前，業者需在合格的實驗室中進行耗時且昂貴的測試並取得認證。藉由及早進行內部測試以找出並修正設計問題，裝置和模組製造商可縮短 RedCap 和 CIoT 裝置的認證流程。為滿足上述需求，是德科技推出了 E7515R，一款專為 5G RedCap 及所有 CIoT 技術而打造的網路模擬測試平臺。

E7515R 解決方案具有下列優點：

- 專為 RedCap 和 CIoT 打造：E7515R 支援 5G Rel-17 RedCap 以及傳統的 CIoT 技術，包括窄頻物聯網 (NB-IoT)、LTE Category M 和 LTE Cat-1bis。
- 整合式平臺：E7515R 是功能齊備的網路模擬測試平臺，可在單一步驟中執行射頻、協定、功能和效能測試。
- 採用是德科技經驗證的技術：E7515R 採用與領先市場的 5G 網路模擬解決方案測試平臺相同的硬體架構，以及相同的成熟軟體解決方案，可提供一致的工作流程並縮短學習時間。
- 端對端解決方案：E7515R 支援整個 RedCap 及 CIoT 裝置開發流程，從早期設計和開發，到驗收和認證測試、應用等，均涵蓋在內。