

利用開放式 RAN 網路解決時間難題

網路中的各個元素必須符合特定的頻率、相位和時間要求，以確保網路實現正確的端到端運行。由 O-RAN 聯盟定義的同步架構決定了開放式 RAN 設備將如何滿足這些要求。

■作者：Darrin Gile

Microchip 戰略應用、時脈和通訊業務部資深技術顧問

一直以來，開放式 RAN 吸引著那些希望降低成本、提升競爭力和推動技術創新的服務提供者的目光。市場對分散式虛擬 RAN 架構的渴求，為 5G 網路領域帶來了更多的靈活性、競爭性與開放性。

O-RAN 聯盟成立於 2018 年，初衷是為了實現硬體標準化並定義開放式介面，以確保供應商設備之間的互通性。O-RAN.WG4.CUS.0-v10.00 中已經定義了有關控制、使用者和同步平面的協議、架構和要求。

S-Plane 和精度

同步平面 (S-Plane) 解決了 O-RAN 無線電單元 (RU, radio unit) 和分散式單元 (DU, distributed unit) 之間前傳網路 (fronthaul network) 連接的網路拓撲和時脈精度限制問題。有關頻率、相位和時間同步的要求需遵循 3GPP 建議並與 ITU-T 網路和設備限制相符。對於分時雙工 (TDD) 蜂窩網路，TDD

蜂窩網路的基本精度要求是基站之間為 $3 \mu\text{s}$ ，以及最終應用與公共點之間為 $\pm 1.5 \mu\text{s}$ (G.8271)。如果是使用協調型多點合作 (coordinated multipoint) 或 MIMO 技術等先進技術的設備，其精度要求將更加嚴格。為了滿足此類更加嚴格的網路限制要求，設備需要符合 G.8372.2 中定義的 Class C (30 ns) 最大絕對時間誤差要求。

授時配置

S 平面由四種拓撲組成，用於通過前傳網路 (RU 到 DU) 分配定時。此類配置將依靠基於時間的同步技術與基於頻率的同步技術的組合。位於網路中的主參考時鐘 (PRTC 或 ePRTC) 將為每個網路元素提供基準時間。使用 GNSS、精確時間協議 (PTP) 和實體層頻率源 (最常見的是同步乙太網 (SyncE)) 可確保 RU 能夠可靠地接收頻率，而且更重要的是，能夠接收網路運行所需的相位和時間同步資訊。

圖 1: 在這些配置中，授時來自上游 (左) 或來自前傳中的 T-BC (右)。

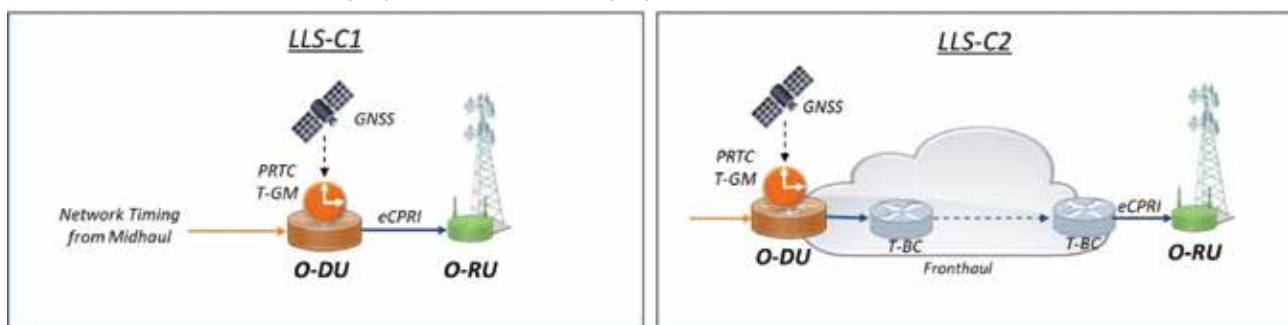


圖 2: DU 和 RU 通過交換晶片從 PRTC (左) 獲取時間，而授時來自 GNSS (右)。

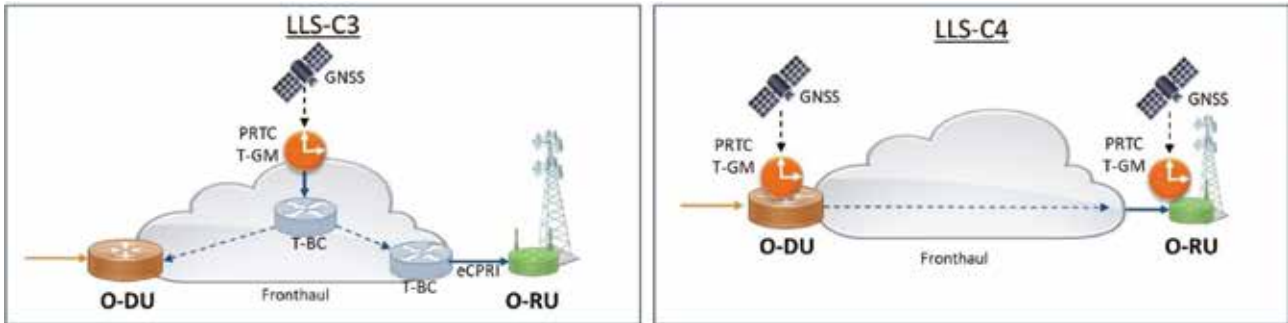


圖 1 和圖 2 顯示了四種用於在開放式 RAN 前傳網路中支援網路同步的已定義配置。

配置 LLS-C1

第一個配置的同步需透過 DU 和 RU 之間的直接連接來進行。O-DU 將從與 O-DU 位於同一地點的精確即時時鐘 / 電信級主時鐘 (PRTC/T-GM) 處接收網路時間，或者從網路中位置更靠後的遠端 PRTC/T-GM 處接收網路時間。

配置 LLS-C2

在配置 LLS-C2 中，DU 仍從位於同一地點的 PRTC 處或位於網路中更上游的 PRTC 處接收網路時間。網路時間將通過駐留在前傳網路中的其他交換晶片從 DU 進行傳遞。為了獲得最佳效能，這些交換晶片應包含一個完全感知 (G.8275.1) 網路，其中每個節點都能夠充當電信邊界時鐘 (T-BC)。此外，還可以使用有一個或多個交換晶片不參與 PTP 過濾的部分感知網路。通過前傳網路的躍程類型和數量將限制網路的整體效能，具體取決於前傳網路的類型。例如，由 CLASS C (30 ns) T-BC 組成的完全感知網路能夠比由 Class B (70 ns) T-BC 組成的完全感知網路促進的躍程更多。

配置 LLS-C3

在第三種配置中，DU 和 RU 都將從位於前傳網路中的 PRTC 處接收網路時間。

與 LLS-C2 一樣，網路時間可以透過完全感知

或部分感知交換晶片在前傳網路中傳播。在某些情況下，DU 可以作為 T-BC 參與將時間傳遞給 RU 的過程。

配置 LLS-C4

配置 LLS-C4 是四種拓撲中最優先採用且最容易實現的，但可能也是成本最高的一種。在此配置中，RU 會從用作每秒脈衝數 (PPS) 時鐘的 GNSS 處獲取時間，或從位於同一位置的 PRTC/T-GM 處獲取時間。5G NR 網站的龐大數量以及 GNSS 天線的嚴苛位置要求可能會使該配置的部署變得成本高昂或不切實際。此外，無線電網站的 GNSS 還可能更容易受到欺騙或干擾，這可能會造成正常運行的中斷。

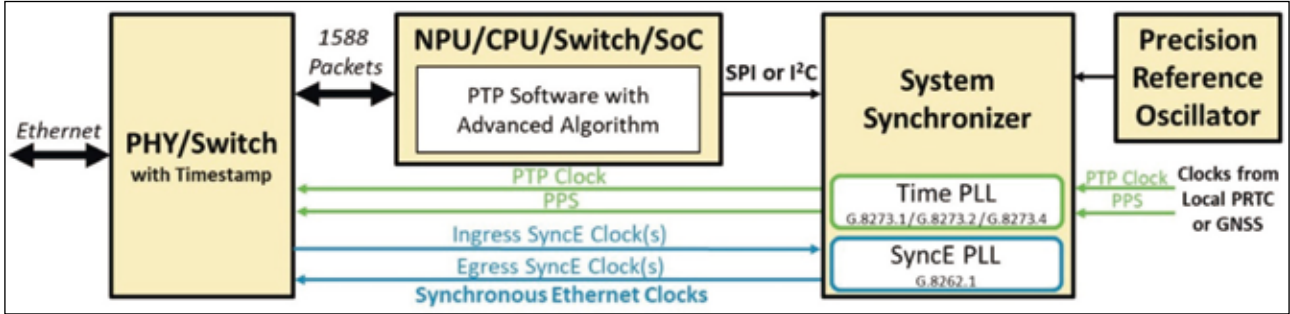
設備規劃

和網路部署一樣，網路設備的同步設計也需要適當的規劃和設計工作。為了符合網路同步限制要求，設備會將時間戳記工具、先進鎖相環 (PLL)、可靠的 PTP 支援軟體和精密振盪器 (圖 3) 搭配使用。

設計的第一個關鍵部分是系統同步器，該元件由多個先進 PLL 組成。同步器可為 SyncE 時鐘提供抖動和漂移濾波、輸入參考時鐘監控、無損傷參考時鐘切換以及用於精細 PPS/PTP 時鐘控制的數控振盪器。PLL 還可提供能夠直接鎖定到 PPS 時鐘源的頻寬。

精確的時間戳記工具、PTP 軟體和先進演算法將管理 PTP 流量，並提供準確跟蹤 T-GM 相位和

圖 3: 網路設備會將 PTP 軟體、系統同步器、PLL 和時間戳記工具搭配使用。



時間所需的調諧計算。最後，精密振盪器對於確保獲得適當的保持和整體效能參數起到至關重要的作用。

這些組成要件對於 DU、RU 以及任何參與定時分配的交換晶片而言都是相同的。功能模組的實際實現可能會因具體使用案例的不同而有所差異。例如，精密振盪器可能會因每個網路元素的保持要求不同而變化。DU 需要更高的穩定性，且必須支援比 RU 更長的保持時間。因此，RU 設計可以選擇更高級的溫度補償晶體振盪器 (TCXO) 或恆溫控制晶體振盪器 (OCXO)，而 DU 則可能會使用更加昂貴的 OCXO。

改善定時延遲

可以採用多種技術中的任意一種來提高一台設備的整體時間精度。這些技術包括基本設計項目 (例如將時間戳記工具盡可能靠近設備邊緣放置) 以及用於系統內相位管理的更為複雜的系統校準。使用 SyncE (或更具體地說，使用 G.8262.1 中定義的增

強型同步設備從時鐘 (eEEC)) 可以提供穩定的頻率參考，進而大幅提升混合配置中的整體相位效能。

當與 MACsec 等安全協定搭配使用時，請注意確保加密 / 解密幾乎或完全不會為時間戳記功能增加延時。應當正確設計和選擇先進演算法的效能以及精密振盪器的穩定性，以實現所需的效能。對於更複雜的設計，確保 PPS 時鐘分配中所涉及的所有定時元件能夠盡可能減少輸入到輸出延時變化和輸出到輸出偏差，對於滿足最嚴格的設備限制要求來說至關重要。一些同步器能夠利用校準功能來實現精細的相位控制測量與調整。此外，還可以對精密振盪器的溫度和老化所引起的相位誤差進行額外補償。可以使用上述部分或全部方法來確保設備符合時間和精度限制要求。

最初，鄉村和私人綠地網路一直是部署開放式 RAN 的理想起點。隨著越來越多的宏觀部署開始上線，提供高精度的網路同步開始對實現超低延時應用和高級無線電技術所需的效能有了極其重大的意義。 CTA

COMPOTECHAsia 臉書

每週一、三、五與您分享精彩內容

<https://www.facebook.com/lookcompotech>