

# 要如何成功實施預測性維護？

未雨綢繆勝於臨渴掘井。無論是由於節省成本，缺乏技術工人還是缺乏動機，如果維護的工作延後，你可能會遇到突然的機器和皮帶故障或生產錯誤：借助於預測性維護，這種情況將不再發生。不過，有幾項要點必須要遵守，才能成功。

■作者：Stephan Menze

儒卓力類比與感測器產品銷售經理



圖片來源：Gorodenkoff — Shutterstock

每一項預測性維護計畫都是從機器在正常運行期間的機器特性檢測開始，例如檢測結構雜訊和空氣雜訊的聲學或固有頻率，然後將其數位化並傳送到電腦或雲端。在本地資料處理這個領域中，我們採用邊緣計算。這是本地 AI 解決方案（如 Intel Movidius）的應用之所在。在雲端運算方面，第三方服務供應商可以提供無限的資料分析服務。邊緣解決方案能夠在毫秒範圍內做出反應。儘管如此，網際網路連接對於韌體更新和遠端監控都是不可或缺的。

原則上，群體智慧 (swarm intelligence) 並不是用來學習和改善過程的，並且受限於本地運算能力和用戶自己的經驗歷史。另一方面，雲端運算能夠比較所有在現場運作的系統，並且可以從個別系統的變化到其他系統的變化中得出結論。除了這種群體智慧，雲端運算在計算能力或記憶體容量方面沒有限制，你可以靈活地更改所使用的對數，例如，從靜態資料分析到機器學習或深度學習。

雖然兩種實施方案看起來不同，但在現實情境中，始終需要網際網路連接和感測器資料的本地初步分析。然而，重要元件的擴展和持續的維護成本，都會相應地發生變化，這使得精確的成本效益分析變得更加複雜。

## 感測器的位置是決定性的因素

無論是在本地還是在雲端中進行分析，都必須弄清楚可能發生損壞的位置以及最佳的檢測位置。但是，感測器也可以安裝在此處嗎？放置在這個地方是否容易操作且空間是否足夠？環境噪音是否過大？是持續不斷發生的還是以不規則的間隔發生的？

一旦理想的安裝位置清楚了，感測器的類型通常也就確定了：如果所有因素都支持連接到設備或機器，這就是要檢測結構雜訊。因此，衝擊和振動感測器或加速度感測器就是要選擇的工具。當放置在設備或機器外部時，則是檢測空氣傳播的噪音。為了此用途，市面上已有具有特定頻率範圍的 MEMS 麥克風感測器可供採用，例如意法半導體和英飛凌的感測器產品。由於它們通常帶有吸收聲波和降低聲壓的開口，因此要採取特殊的措施，才適合在潮濕或多灰塵的環境中使用。在這種情況下，可以採用衝擊和振動感測器或加速度感測器。

要回答預測性維護系統應涵蓋哪個頻率範圍這個問題，可以應用以下的經驗法則：檢測到的頻率越

高，損壞就越能及早被記錄下來。在 16kHz 以上超音波範圍內，初期徵兆可以在實際發生損壞之前幾個月檢測到。當在最高 16kHz 可聽範圍內檢測時，離損壞發生的時間可能就只剩下幾周的時間了。這段時間對於某些機器或設備來說可能是夠的，但對其他機器或設備來說則是太晚了，我們必須根據具體的情況來檢查：潛在的損壞有多嚴重？取得備件和維修技術人員到達的時間要多久？是否可以隨時停止機器進行維修或維護工作？例如，強烈建議要在超音波範圍內對輸氣管進行洩漏測試。如果洩漏產生了可以聽得到的雜訊，對於預測性維護來說就已經太晚了。

如果在可聽範圍內的檢測足夠，則機器或機器部件的類型就可確定感測器應覆蓋的頻率範圍。相關部件旋轉得越快，檢測到的頻率就越高。例如，引起空氣導引系統損壞的原因通常是不平衡、不正確的調整或連接鬆掉了。這發生在約 2kHz 範圍內。對於速度非常緩慢的移動部件，使用加速度感測器而非麥克風感測器可提供更好的檢測結果。

把麥克風、加速度、衝擊和振動感測器結合起來可以提高誤差檢測過程的命中數。使用其他感測器類型時，甚至可以獲得更多資訊，例如檢測溫度、濕度或壓力。當感測器彼此相連形成網路時，這種組合可提供最大的效益。然而，這不僅增加了感測器和連接的成本，而且還導致資料量和評估工作量的增加。因此，如果存在相應的潛在損壞，例如由於皮帶故障或生產錯誤所引起的損壞，甚至可能在較長的時間內都未被注意到，則使用幾個感測器的組合是值得的。這對位於偏遠地區的系統也是有用的，例如，離岸風力發電廠，因為在這裡不必要的工程師呼叫會導致高昂的成本。特別推薦要對安全關鍵系統進行全面的檢測，例如汽車的制動系統。

## 資料傳送的新型無線技術

根據應用類型，各別的感測器必須先將其測量資料傳送到本地資料收集器。具有整合式無線電介面和整合式 AD 轉換器的微控制器，即所謂的無線

SoC 器件，非常適合這種用途。通常無線電堆疊是免費的，並且也是針對微控制器量身定製的，因此只有像將類比數值進行數位化並傳送到資料收集器等應用，仍然需要使用幾條程式線 (program line) 來實現。資料收集器現在可以在本地評估資料，並且僅將其閘道功能用於軟體更新或臨時性的報告。在這種情況下，LTE 是一種夠快的網際網路連接方式，並在未來數年内都具備安全性的基礎設施。對於雲端中的時間關鍵資料分析，需要在幾毫秒內完成回饋，5G 技術將綽綽有餘。感測器與資料收集器之間的連接不一定以電纜來實現。

無線電技術通常較便宜、較靈活，也較耐用。採用 Nordic Semiconductor 的 nRF52840 器件，你可以輕鬆地選擇藍牙 mesh、ZigBee 或用於星形拓撲的免費開源堆疊 GazeII。NFC 能夠讓感測器簡便地連接到各自的資料收集器。這是第一次，可以通過整合式 USB 埠使用筆記型電腦來校準感測器。從一開始就決定只使用藍牙 5 或藍牙 mesh 的用戶也可以改用較便宜的產品，例如 nRF52810。最新的藍牙 5 版本器件可在遠端模式下實現長達一公里的傳送範圍。即使在先前 1GHz 以下技術不可或缺的情況下，此一特性也使得該技術很有用。

新的 LTE 類別適用於不使用資料收集器的感測器，或者由於通過邊緣計算進行了強大資料壓縮而僅需要將少量資料傳送到網際網路的資料收集器。它們無需單獨的閘道就可以建立從感測器到雲的直接網際網路連接，並將測量數值傳送到雲。

圖 1: nRF52840 在傳送之前為資料加密提供了不同的技術。



## 全新的 LTE 類別

最新的 LTE 類別 NB1 和 M1(也稱為 NB-IoT 和 LTE M1 或 LTE-M) 非常適合預測性維護等需要在隔離情況下傳送少量資料的應用。

Nordic Semiconductor 的 nRF91 系列同時支援 LTE-M 和 NB-IoT。高度整合的系統級封裝 (SiP) 配備了 ARM Cortex M33 微控制器，可對應用、感測器和致動器進行定制程式設計。其強大運算能力讓應用能夠利用更複雜的演算法進行資料分析。這意味著：無線模組根據感測器提供的測量資料在現場產生資訊，因此只需傳送少量的資料。這可以最佳化整體能量平衡並將線上資料消耗保持在較低的等級。除感測器外，還可以通過 32 個 GPIO 連接 LED，例如，如果感測器檢測到的數值過高，則 LED 可當作現場警報，也可以連接按鈕或開關繼電器。

例如，如果需要，感測器點可以關閉整個系統，或者使用者可以確認機器的狀態。

nRF91 SiP 還可提供整合式輔助 GPS。通過使用 NB-IoT 或 LTE-M，這能夠在冷開機期間進行快速的位置測定 (position determination) 以監控車輛或其他行動設備。

## 防止資料竊取

由於感測器的測量值可以提供有關機器、系統和設備使用狀況的大量資訊，因此應該保護它們，以免遭受到未經授權的存取。在這種情況下，nRF91 還包含一個解決方案：帶有 TrustZone 的主機處理器在 CPU 和系統中使用一種可信任的執行環境，從而有助於提高應用程式資料、韌體和連接的週邊設備的安全性。ARM CryptoCell 可確保安全的記憶體存

圖 2: 用於感測器、致動器甚至行動無線電應用的系統級封裝器件：Nordic nRF91 器件

