



# 嵌入式智慧和通信實現可靠 且連續的振動監測

作者：Bob Scannell/ADI 業務發展經理

基於感測器的製程監測和預測性維護許下了零停機時間、降低維護成本和改善工人安全等的承諾。由於先前技術產品有其局限性，或者其成本或風險勝過其所能帶來的優勢，所以這些長久以來所追求的效益一直是難以達成的。

有一種經過深思熟慮和採用戰略性全系統觀點的振動監測，它並不想以個別技術來解決一個複雜的問題，但卻可以產生長久以來所在追求的技术

價值。

感測器和感測器處理的進步實現了完全嵌入且自主感測系統的部署，這種系統可以可靠地檢測和分析出設備的缺陷、不平衡、性能變化及其它異常。

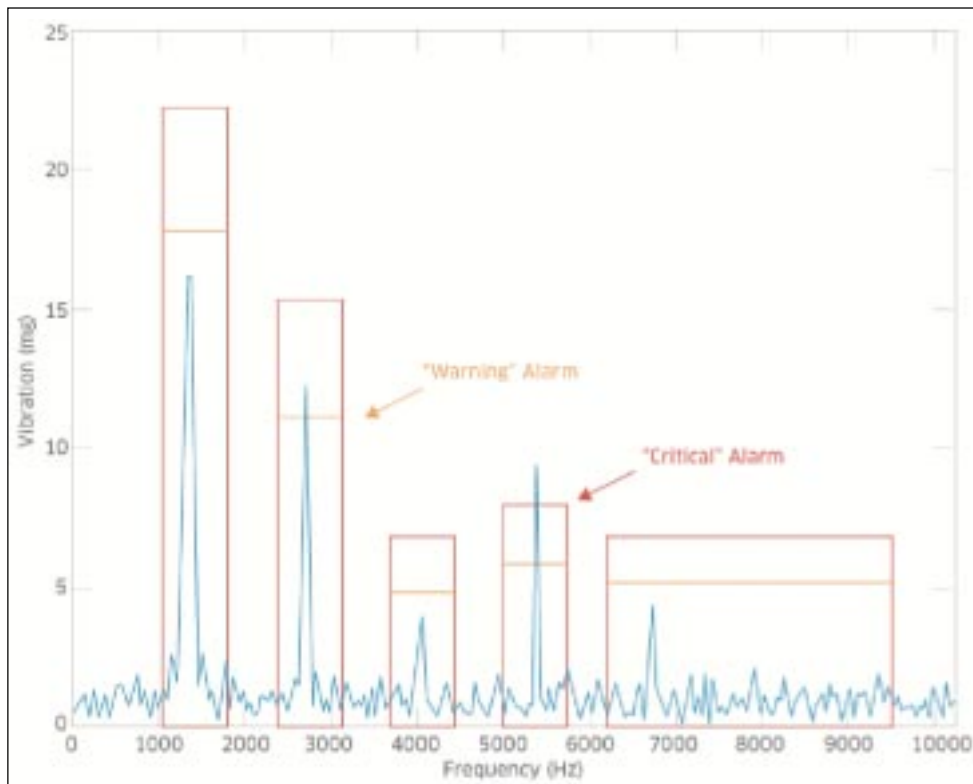
在實施完全嵌入且自主的感測系統之前，對以下四個主要系統設計因素詳加分析並充分考慮，是很重要的。

## 使用高信心度的製程資料

對於一個生產高價值設備(如敏感電子元件的製造)的生產據點來說，製程監控特別具有價值。在這種情況下，在裝配線上輕微的改變都可能會導致工廠的產出減少，以及關鍵終端設備規範的改變。手持式振動探針是過去所採用的方法。這種方法的一個主要缺點是缺乏可重複的測量。探針位置或角度的細微差異就會產生不一致的振動曲線，使得時間比較失去準確性。另一種局限性是沒有振動偏移(vibration shift)的即時通知。

一種比較理想的感測器是要能同時兼具緊湊及充分整合，以便可以直接和永久地嵌入在設備之中，而省去對測量位置移動的任何擔憂，讓測量排程擁有完整的靈活性。這種感測器將是一種完全自主的感測器處理系統，其中包括感測器、分析、儲存和警報的能力，所有這些都將整合在一很小的外形尺寸中，可以最快的速度提供振動偏移的通知，和提供基於時間的(time-based)趨勢報告之能力。因此，在根本上改變方法是有必要的。市場上現今

圖 1：具有可編程濾波與調諧控制的嵌入式 FFT 分析



確實存在著相關的致能技術(enabling technology)，但是問題卻並未因此結束。

## 解釋和分配資料

工廠設備通常有多種來源的振動(軸承缺陷、不平衡、齒輪嚙合)，包括那些通過設計所產生的來源，例如鑽孔器或機器擠壓，它們會在標準作業期間產生振動。對設備進行基於時間的分析會產生複雜的波形，會將這些多種來源混在一起，若沒有後續的快速傅立葉轉換(FFT)分析，則只能提供微不足道的識別資訊。在有了嵌入式的 FFT 功能之後，自主的感測器即可啟用即時通知的功能。

許多現有的解決方案都是以壓電感測器為基礎，通常整合的程度低，都要依靠外部 FFT 的運算和分析。這不僅消除了即時通知的可能性，也將多餘的額外設計重擔加諸在設備開發人員的身上。藉由感測器上的嵌入式 FFT 分析，可立即找出特定來源的振動偏移，並加以隔離(參見圖 1)。從完全整合的感測器著手，也為設備設計師節省 6 到 12 個月的開發時間。

現有解決方案所帶來的另一個障礙是它們大部份都只有類比輸出，導致信號在傳輸時會產生退化的現象，且離線資料分析會變得複雜。在可從振動監測受益的工業設備中，大多數的例子是存在於嘈雜、移動中、無法存取，甚至是危險的環境中。在這些情況下，使用者強烈希望可降低介面電纜佈線的複雜性，並盡可能在來源端執行資料分析，以取得設備振動最精確的資訊。

整合式的智慧型振動感測器，更理想的是有無線功能，可方便即時的存取和大幅簡化感測器網路的部署，且也會顯著地降低成本。然而，一旦完成部署，仍然會有一些如果未在事前處理好的障礙會降低系統的完整性。

## 製程變化的說明

在工廠的環境之下，根據設備的材料和位置，振動曲線是複雜的、時間移位的(time-shifting)、及易受變異影響的。要在什麼地方放置感測器這個問題很重要，但也高度仰賴設備的類型、環境，甚至是設備的生命週期。由於感測元件的成本高，於是將探針點的數量限制在一個或幾個，這樣的做法更加彰顯出此一問題的重要性。感測器資料本身的完整性是另一更加嚴肅的考量因素。若沒有可靠的感測器，經確定的性能變化可歸因於設備或感測器。

對於要讓感測器分析程式可以適應設備生命週期的改變，基線設備的回應(baseline equipment response)是一有用的工具。假設操作人員做了測量，執行了離線分析，也將資料離線儲存和正確地為特定的設備和探針位置加上標籤，甚至是簡單的類比感測器也可以這樣做。一種優先和較不容易出現錯誤的方法是讓基線 FFT 儲存在感測頭這一端，以消除任何誤放資料的潛在可能性。基線資料也有助於建立警報的等級，一樣的，它最好也是直接在感測器端進行編程。因此，在任何後續的資料分析和擷取過程中，當檢測到警告或故障的情況時，就可產生一個即時的中斷。

不管是什麼樣的技術方法，一個適當的振動分析程式可監測幾十個或甚至幾百個位置地點。在一段設備使用壽命的指定期間內，這可能會產生要擷取數以千計記錄的需求。預防性維護程式的完整性取決於正確映射到感測器收集點的位置和時間。為了把風險降到最低和獲得最有價值的資料，除了嵌入式的儲存能力之外，感測器還應具有一個獨特的序號和將時間戳記印在資料上的能力。

即使有如上所述的良好可追溯性，一更具挑戰性的問題是如何以最好的方法擷取到設備性能上的細微變動，以及讓感測器適應各種設備。由於信號與感測器的調節與處理是獨特設備和其生命週期所特有的，因此在設計感測器時，有幾項重要的事項要注意。例如，設計師需要確定感測器是否應針對生命週期的早期來配置，因為此時，設備發生故障的情況較少；或是針對末期來配置，因為此時，故障不僅會發生，且也更具危害性。有一種優先選擇的方法是系統內的可程式設計感測器(in-system programmable sensor)，它可在生命週期期間，依據變化來配置。又例如，在生命週期的早期，應該採用相對較低的監測頻率(以便讓功耗最低)，隨後，一旦發現有了改變(警告閾值)，就要重新配置成頻繁的(使用者的程式設計期間)監測。

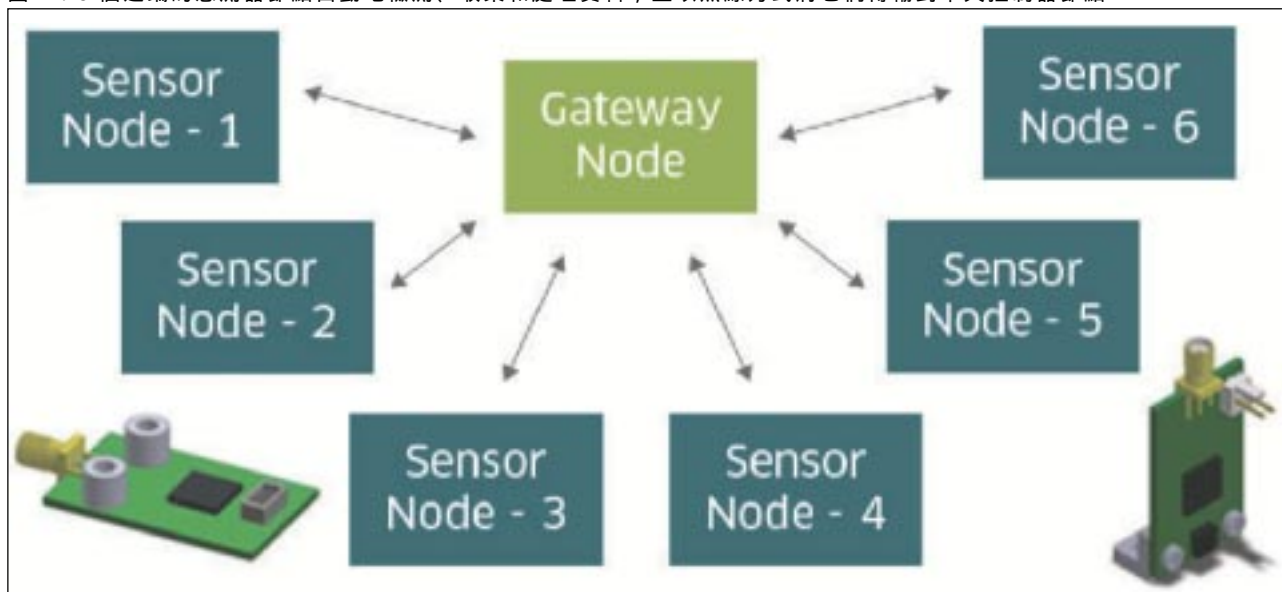
嵌入式的類比 - 數位轉換和處理(例如：在感測頭與在設備外)讓配置和調諧可在系統內進行。理想的感測器將可提供一簡單的可程式設計介面，它可通過快速的基線資料擷取、濾波的操縱、對警報進行程式設計、和對不同感測器位置的實驗，而簡化設備的安裝。在這種相同的可調性上搭配嵌入式的基準效能資料，即可根據設備的生命週期在系統內部調整嵌入式的感測器特性。

## 最新技術的進展

上文所討論的內容彰顯出了那些改善現有基於感測器、與程序控制和預測性維護相關的振動監測解決方案之方法。由於容錯和監測是問題的核心，感測器本身應針對可靠性而仔細地檢查。如果不是設備而是感測器出現故障(性能變化)時怎麼辦？又或者，如果是採用完全自主的感測器運行時，對於感測器持續一直工作這件事，我們有多少信心？對諸如基於壓電的(piezo-based)許多轉換器(transducer)而言，這是一令人擔心的限制，因為它們有沒有辦法提供任何的系統內自我測試。高信心程序控制方案的一個基本要求是可以在遠端讓轉換器進行自我測試。現今一些基於 MEMS 技術的感



圖 2：6 個遠端的感測器節點自動地檢測、收集和處理資料，並以無線方式將它們傳輸到中央控制器節點



測器即可實現這樣的一個要求，因為感測器中的嵌入式數位自我測試能力補足了成為可靠振動監測系統的最後缺口。

現今的解決方案將基於 MEMS 技術振動感測技術的優點與無線連接技術相互結合，而讓多個遠端感測節點通過各種無線標準介面而與閘道節點溝通，這些節點可提供資料的聚合(data aggregation)及進一步的離線趨勢分析和學習(參見圖 2)。

無線連接還可望讓振動感測的部署更加普及。這種完全整合的感測器不用依賴修整過的配線 / 基礎設施和更準確、可靠地檢測性能變化，即可提供一個可大幅減少前期和經常性維修成本的機會。

最後，朝著嵌入式和連續監測的演變，配合基於雲端的分析，為現今設備監控領域中的資訊和專門知識帶來了一種加乘的效應。在藉由 MEMS 方法所實現而有更高可靠性及更佳能力感測器節點的協助之下，這種感測器 - 雲的模式將有助於實現長久以來大家所一直在期待的基於即時情況的 (real-time condition based) 預測性維護之全部潛力。

關於 Analog Devices 感測器產品和解決方案的更多資訊，請參閱：<http://www.analog.com/en/products/sensors.html>

## 作者簡介

Bob Scannell 是 ADI 慣性 MEMS 產品部門的業務發展經理。Scannell 已經在 ADI 工作 20 年，擔任過感測器、DSP 及無線等各種產品的技術行銷和業務發展之職務。在加入



ADI 之前，他曾任職於 Rockwell International，先後負責過設計和市場行銷的工作。Scannell 先生擁有加州大學洛杉磯分校的電機工程學士學位及南加州大學的電腦工程碩士學位。CTA