

如何確保物聯網裝置 在理想環境下運作

尋找及判斷干擾



物聯網共存測試

確保物聯網裝置隨時保持穩定運作

信號共存是讓物聯網（IoT）提供穩定可靠通訊的關鍵因素。如果信號不能共存，物聯網裝置就無法在複雜的無線環境按照預期運作。如此，裝置不但無法檢測到其他物聯網裝置和進行電波共享，甚至可能以非預期或是危險的方式運作。

要確保物聯網裝置信號共存相當充滿挑戰。若在產品設計階段沒有採取適當行動，您無法自信滿滿地確保裝置共存效能無虞。

執行無線共存測試即是最重要的一環。這對您確認物聯網裝置可容忍其他無線信號相當有幫助，並可在裝置與諸多無線協定共處的情況下評估其特性。

共存測試是能準確評估裝置在預期和非預期（干擾）信號環境下維持其功能性無線效能（Functional Wireless Performance, FWP）的唯一方法。掌握共存測試的方法並準確有效的執行至關重要，以確保您的物聯網裝置能夠成功運作。



目錄

確保物聯網裝置能在其理想環境下運作，共有 **4 個步驟**。

選擇您的協定

目前有許多無線技術可支援各種物聯網應用。瀏覽第 1 章來了解應使用何種無線格式：長距與短距。

了解信號共存

在複雜的無線環境中，您可能會受到物聯網裝置和其他來源的干擾。閱讀第 2 章來瞭解您的裝置即將面臨的挑戰。

選擇您的技術

改善裝置與網路共存問題通常會採用三種技巧。直接閱讀本章以了解這些技術的詳細資訊。

建立您的測試計劃

有效的共存測試計畫應包含五個關鍵步驟。瀏覽第 4 章來認識這些步驟，並觀看其部署在設計流程中的範例。

達成信號共存

了解本書的內容有助於確保您的物聯網裝置操作合乎預期。現在您已經知道如何執行共存測試，便可專心致力於物聯網設計。





步驟 1

選擇您的協定



選擇您的協定

步驟 1

選擇您的協定

客戶期望可靠、 高品質的連線

共存問題會影響您的物聯網裝置在複雜無線環境中的效能，例如資料遺失、語音品質下降，而且裝置的運作範圍和電池壽命可能會縮短。選擇裝置所支援的無線標準時，您便需要開始解決這些問題。

無線標準數量之多，即使我們要替每種標準分配單獨的頻譜也很難做到。不同標準會共用相同的頻段，且隨著新應用陸續增加，干擾是無可避免的。

無線標準採用各式各樣技術來與其彼此和諧共存。要怎麼選擇，端看您想要的應用和其部署環境來決定。在作出決定前，應該充分了解您選擇的標準會成為信號共存的助力還是阻力。

本章介紹一些常見的物聯網標準選項：

- ZigBee
- NFC
- Thread
- NB-IoT
- Bluetooth 低功耗（BLE）
- Cat-M1
- Z-Wave
- LoRa
- Wi-Sun
- SigFox
- WiFi



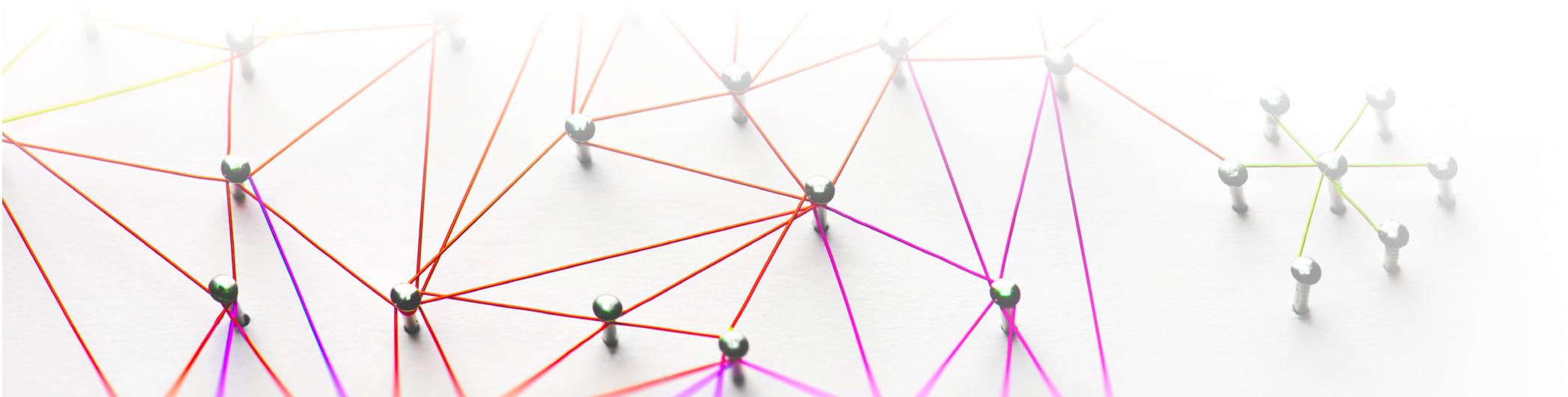
物聯網的無線標準分為兩類： 短距和長距無線標準。

短距標準

包含低功耗 Bluetooth® (BLE)、WiFi、近場通訊 (NFC)、ZigBee 和 Wi-Sun 等。這些技術的涵蓋範圍一般都能達到 10 至 30 公尺，但條件良好時，他們都能提供更廣域的涵蓋。短距標準可用於穿戴式裝置、智慧家庭應用、支付系統和建築自動化應用等。

長距標準

如 NB-IoT、Cat-M1、LoRa 和 SigFox，適用於涵蓋區域較大的應用，例如像智慧城市、智慧能源和工業物聯網 (IIoT) 應用等。



選擇您的協定

ZigBee

ZigBee 底層技術是以 IEEE 802.15.4 實體層 (PHY) 和媒體存取控制 (MAC) 層為基礎。這兩個規格都包含許多特別用於強化共存和降低干擾的功能。ZigBee 本身就支援樹狀、星狀和網格網路，因此一群裝置可聯合透過數次短跳頻，來傳遞資料並控制上千個節點。詳細資訊，請瀏覽：www.zigbee.org。

ZigBee	
頻率	800, 900, 2400 MHz
頻寬	2 MHz
資料速率	40 kbps 至 250 kbps
調變	BPSK OQPSK
範圍	10 m
網路	WPAN
應用軟體	家庭自動化、智慧電網和遠端控制

Thread (802.15.4)

Thread 的底層同樣是基於 IEEE 802.15.4 的 PHY 和 MAC，但是其上層採用 IPv6 低功率無線個人區域網路 (6LoWPAN) 協定。它是一個強大的加密網格網路，旨在使數百個家庭自動化產品和裝置進行安全可靠的互連。為了防止干擾，它在每次進行資料傳輸之前都會採取先聽再送 (Listen-before-send) 的機制。詳細資訊，請瀏覽：www.threadgroup.com。

Thread (802.15.4)	
頻率	800, 900, 2400 MHz
頻寬	2 MHz
資料速率	40 kbps 至 250 kbps
調變	BFSK, FSK, OQPSK
範圍	10 m
網路	WPAN
應用軟體	適用於家庭的網格網路，支援 6LoWPAN



選擇您的協定

Bluetooth 低功耗 (BLE)

BLE 是 *Bluetooth* 的演進技術，專門為了低耗電操作而設計。BLE 設計的初衷是藉由傳輸少量資料，來顯著降低 *Bluetooth* 裝置的功耗，使用鈕扣電池供電即可維持 10 年的運轉。為確保能和傳統 *Bluetooth* 在同一裝置上和諧共處，BLE 和傳統 *Bluetooth* 使用共同的 MAC 層。詳細資訊，請瀏覽：www.bluetooth.org。

BLE	
頻率	2.4 GHz
頻寬	1 MHz
資料速率	1 Mbps
調變	GFSK
範圍	50 m
網路	WPAN
應用軟體	汽車、健康照護、資安和家庭娛樂



Z-Wave

Z-Wave 協定是一種可互通、無線且基於射頻的通訊技術，適用於家庭自動化。它是專門為了住家和小型商業環境的控制、監測和狀態讀取應用而設計。Z-Wave 透過使用較不擁擠的 sub-GHz 頻段（美國的 915 MHz 和歐洲的 868 MHz 頻段）來減少干擾問題並擴大涵蓋範圍。詳細資訊，請瀏覽：www.z-wavealliance.org

Z-Wave	
頻率	868.42 MHz 908.42 MHz
頻寬	200 kHz
資料速率	9.6 kbps 至 100 kbps
調變	BFSK GFSK
範圍	100 m
網路	WPAN
應用軟體	遠端控制、煙霧警報器和安全感測器。由丹麥公司 Zensys 所主導



選擇您的協定

Wi-Sun (802.15.4g)

Wi-Sun (無線智慧隨處連網) 為物理層修訂後的 IEEE 802.15.4g 標準，適用於區域和都會網路。它提供低資料速率的無線網路，可支援大規模物聯網部署，連結大型地理位置分散的智慧公用事業和智慧城市網路。Wi-Sun 將對網路基礎設施的需求降到最低，並能夠支援數百萬的固定端點。Wi-Sun 的抗干擾能力，來自其高度靈活的協定和所採用的跳頻技術。詳細資訊，請瀏覽：www.wi-sun.org。

Wi-Sun	
頻率	800, 900, 2400 MHz
頻寬	200 kHz 至 1.2 MHz
資料速率	50 kbps 至 1 Mbps
調變	FSK, OFDM, OQPSK
範圍	1000 m
網路	WNAN
應用軟體	FAN 和 HAN 智慧公用事業網路、智慧電網和智慧計量儀錶



Wi-Fi

IEEE 802.11 Wi-Fi 協定是今日使用最廣泛的無線網路連線技術，並且富有各種變化。802.11ah (HaLow) 針對低資料速率、遠端感測器和控制器而設計。HaLow 採用時槽分配來避免衝突，確保其在複雜無線環境中的效能。詳細資訊，請瀏覽：www.wi-fi.org。

802.11ah	
頻率	Sub GHz
頻寬	1 至 16 MHz
資料速率	150 kbps 至 78 Mbps
調變	OFDM
範圍	1000 m
網路	WLAN
應用軟體	針對物聯網、穿戴式裝置或用於擴大範圍



選擇您的協定

NFC (ISO/IEC18092)

近場通訊 (NFC) 是基於 ISO 14443 標準的通訊技術。它的操作頻率為 13.56 MHz，可用於存取控制、行動支付系統、護照和票務。NFC 裝置可用作終端 (近距耦合裝置) 或是作為讀取器，是一種非常近距離的裝置。為避免來自 RFID 裝置的干擾，NFC 採用了防衝突協定。詳細資訊，請瀏覽：www.emvco.org 及 www.nfcforum.org。

NFC	
頻率	13.56 MHz
頻寬	1 MHz
資料速率	848 kbps
調變	FSK, ASK
範圍	20 cm
網路	P2P
應用軟體	非接觸支付、輕鬆實現其他連接 (Wi-Fi、BT) 身份認證和存取控制

LTE-M (Cat-M1)

Cat-M1 使用蜂巢式 LTE 網路的需執照頻譜。它非常適合需要高涵蓋率，而對延遲、移動性和資料速度要求較不嚴格的應用。LTE-M 的設計與 LTE 相容，可重複利用相同硬體並共用頻譜，而不會產生共存問題，但是必須與蜂巢式服務供應商簽約。詳細資訊，請瀏覽：www.gsma.com/iot/long-term-evolution-machine-type-communication-lte-mtc-cat-m1/。

LTE-M Category 0/1 (LTE Rel. 12/13)	
頻率	LTE 頻段
頻寬	1.4 MHz
資料速率	200 kbps 至 1Mbps
調變	OFDM
範圍	1000 m
網路	WAN
應用軟體	3GPP Release 12/13 中低速和低功率版本的 LTE。Cat-M1 是專為工業物聯網的機器對機器 (M2M) 通訊應用而設計的。



選擇您的協定

NB-IoT

NB-IoT 為 LTE 網路添加低資料速率、長距離的應用模式，和 LTE-M 系統一樣使用需要執照的頻譜。NB-IoT 提供每秒 20 到 250 Kbits 的資料速率，取決於所使用的是 LTE 資源區塊的哪些部分。該標準的空中介面經過最佳化，可確保與 LTE 系統和諧共處，但必須與蜂巢式服務供應商簽約。詳細資訊，請瀏覽：www.gsma.com/iot/narrow-band-internet-of-things-nb-iot。

NFC	
頻率	GSM/LTE 頻段
頻寬	180 kHz
資料速率	高達 250 kbps
調變	BPSK, QPSK, opt 16QAM
範圍	10 幾公里
網路	WAN
應用軟體	重大基礎設施和農業



LoRa

LoRa 技術使用 VHF、UHF 和 800-930 MHz 免執照頻譜中低於 1 GHz 的無線頻率。LoRa 信號可深入建築物，到達更高頻裝置無法到達的地點。但是，LoRa 網路彼此靠近部署時會產生干擾，可以使用指向式天線和多個基地台來實現共存。詳細資訊，請瀏覽：www.lora-alliance.org。

LoRa	
頻率	Sub GHz
頻寬	125 kHz
資料速率	0.3 至 50 kbps
調變	GFSK, CSS
範圍	32 Km
網路	WAN
應用軟體	重大基礎設施和農業



選擇您的協定

SigFox

SigFox 是一種低功率廣域網路技術，在低於 1 GHz 的頻段運作，提供由蜂巢式閘道器組成的網路，可連接到 Internet 和雲端網路。和 LoRa 不同的是，LoRa 可用於商業或私人網路，但是 SigFox 只針對商業網路用途。為了降低干擾，SigFox 使用超窄頻差動鍵控相移（DPSK）調變來進行裝置到雲端通訊，可實現長距離通訊和極低的電池功耗。詳細資訊，請瀏覽：www.sigfox.com/en/sigfox-iot-radio-technology。

SigFox	
頻率	Sub GHz
頻寬	600 Hz
資料速率	高達 500 kbps
調變	BPSK, GFSK
範圍	10 幾公里
網路	WAN
應用軟體	重大基礎設施和農業



選擇您的協定



步驟 2

了解信號共存



了解信號共存

步驟 2

了解信號共存

干擾無所不在

不管物聯網裝置採用什麼標準，或者是無線環境多麼複雜，客戶希望物聯網裝置能夠穩定無縫地運轉。到底該如何實現這個目標呢？

首先您必須了解「共存」這個術語。

本章要介紹共存的基本概念，包括：

- 共存的定義
- 造成共存問題的因素
- 共存測試介紹



共存的定義

共存的定義是在其他設備使用不同操作協定或標準的情況下，無線設備與這些設備一起運作的能力。當兩台無線設備彼此靠近，並以相同或接近的頻率運轉時，這兩台設備都會受到影響。頻譜利用率最高的位置是在 2.4 GHz 和 5 GHz 的免執照 ISM 頻段。*Bluetooth* 裝置、微波爐、無線電話和無線監控攝影機都是可能導致無線設備干擾的例子。行動電話頻段的需執照頻譜雖然受到更嚴格的控管，但它們的傳輸可能影響到臨近頻段的使用者。

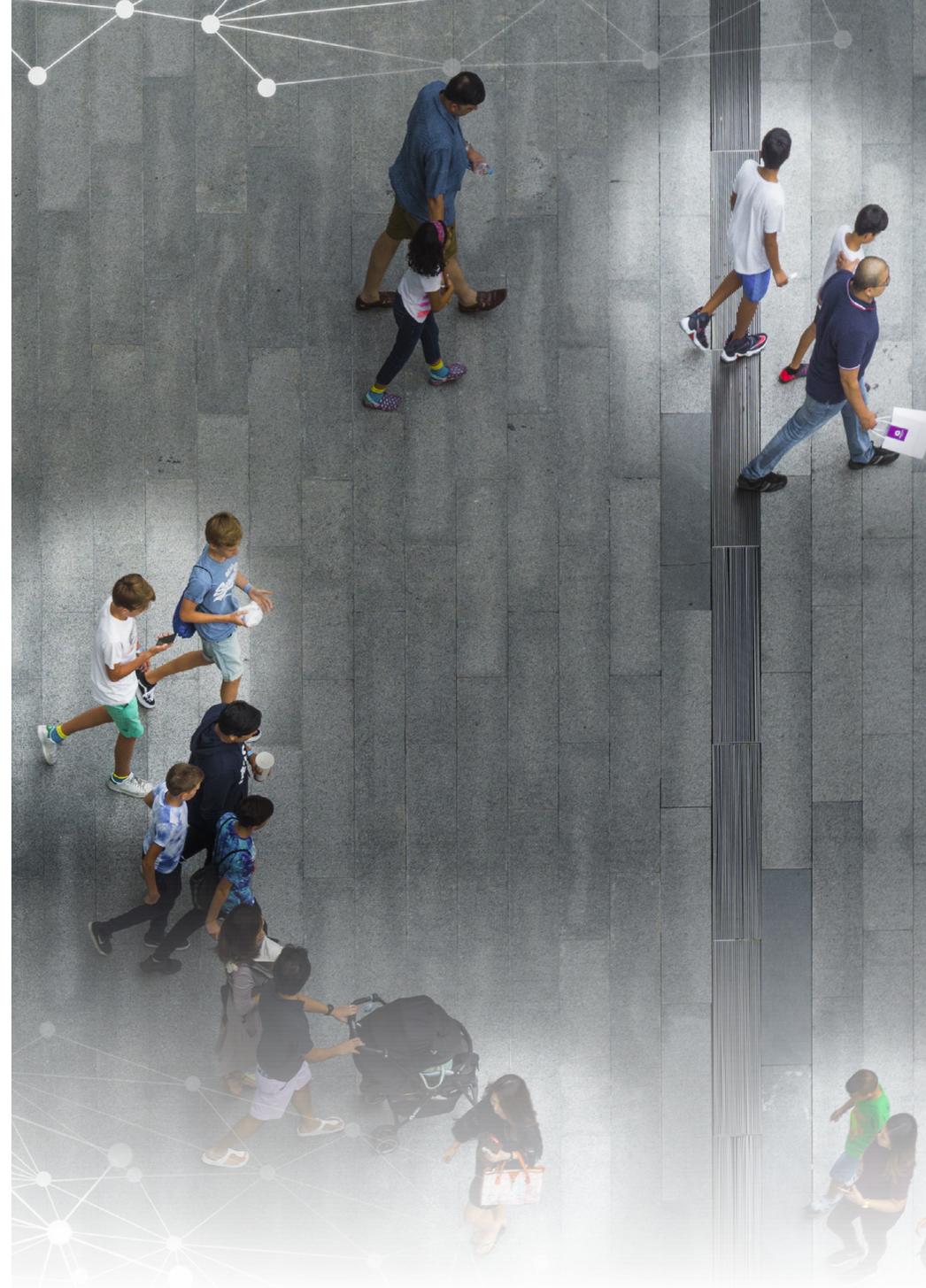
造成共存問題的因素

一般來說，共存問題的出現有四個因素。

包括：

- 重要設備連線對無線技術的使用增加
- 大量使用免執照或共享頻譜
- 敏感設備的部署率增加，包括醫療設備（靜脈注射幫浦、心律調整器）和緊急檢測裝置（例如聯網車輛中的裝置）
- 智慧城市、工業應用或其他領域應用大規模部署感測器

這些因素直接影響了物聯網裝置通訊的可靠度。



為能夠更清楚了解共存，想想看醫院中使用行動電話和智慧助聽器通訊的案例。

沿著走廊到病人的房間，設置了無線區域網路存取點、護士呼叫站、護理站的 *Bluetooth* 裝置、食品儲藏櫃的微波爐，和發出警報聲的醫療裝置（例如靜脈注射幫浦和回報病患狀態的心電圖波監測器）。訪客可能也會隨身攜帶智慧型手機和/或平板電腦，所有這些都同時使用蜂巢式、LTE、*Bluetooth* 和 Wi-Fi。

在這種情況下，這些不同的裝置和標準都是干擾源，極可能破壞它們周遭不同無線裝置最適合的運作狀態。而時至今日四周到處都有感測器，干擾問題只會變得更嚴重。



共存測試介紹

共存測試可評估一個裝置在不同射頻環境中維持其功能性無線效能的能力（FWP），無論是在像醫院這樣複雜的無線環境中，還是在像火車站或地鐵站的混合環境中。

無線共存測試並非傳統的電磁干擾（EMI）/電磁相容性（EMC）測試，跟協定相符性測試也不同。它沒有固定的通過/不通過限制。共存測試用於評估預期和非預期/干擾信號對您的裝置的影響。

共存測試的基本概念是讓待測設備（EUT）啟動與其搭配裝置的通訊。另一方面，讓信號產生器產生非預期的干擾信號，用於干擾通訊。利用信號分析儀監測 EUT 與其搭配裝置之間的預期信號和非預期信號，並監測 EUT 運作效能的惡化程度，作為測試的關鍵績效指標（KPI）。





步驟 3

選擇您的技術



步驟 3

選擇您的技術

實體層的共存因素

您選好了協定，也已清楚了解到共存對於裝置 FWP 所產生的負面影響為何。下一步是什麼？

不同標準無法共享通道。舉例來說，使用跳頻展頻（FHSS）的 Bluetooth 裝置就無法在相同的射頻頻率上，偵測和理解使用正交分頻多工（OFDM）或直接序列展頻（DSSS）調變的 802.11 傳輸。

雖然各界已努力改善這些標準的共存問題，但至今尚未找到能讓不同標準妥善合作的方式。

本章將介紹可用於改善裝置和網路共存的三種技術：

- 實體隔離
- 頻率隔離
- 時間隔離

在複雜或嚴苛的射頻環境中使用時，每個技術都面臨獨特的挑戰。

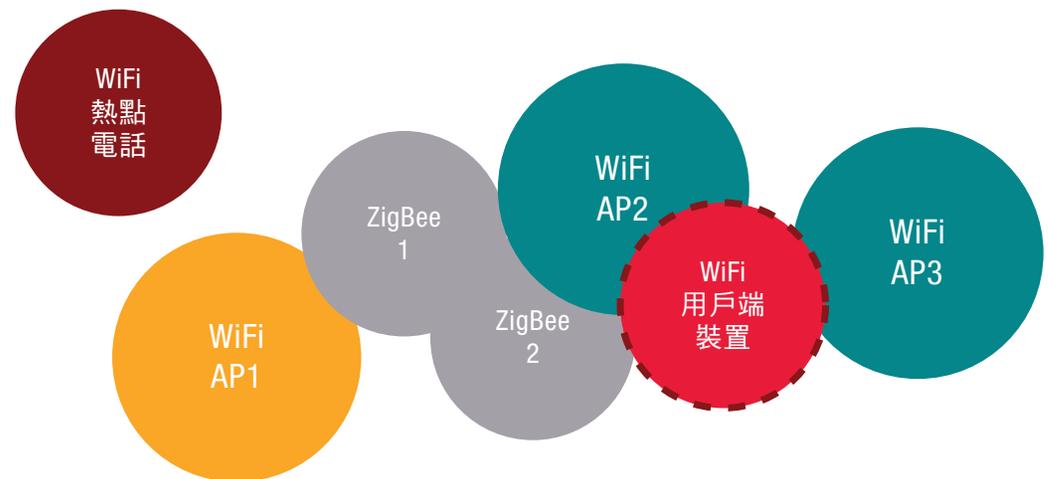
技巧 1：實體隔離

實體隔離透過減少對共用頻譜的競爭和降低信號強度來減少干擾，而使信號更加集中。

透過對不同的網路進行實體隔離可減少干擾，且接收到來自另一個網路的干擾信號便會減弱。實體隔離可提升每個網路及其支援的裝置在無誤差情況下，同時有效運作的機率。

挑戰

這種技術在無線網路密集的地點卻效果不彰。醫療保健環境就是一個典型案例，當中可能有成百上千個無線物聯網裝置以不相容的協定在該相同的 2.4 GHz 工業、科學和醫學（ISM）頻段運作。因此期望實體隔離能夠有效減少干擾，並不是切合實際的想法。



技巧 2：頻率隔離

頻率隔離是一種用來提升混合無線網路性能的技術。

當一個網路和另一個網路在不同頻率下運作，不管兩者是否位處附近，兩者間的干擾都會減少。

挑戰

頻率隔離雖然有效，但不適用被重疊 *Bluetooth*、*ZigBee* 和 802.11 通道占用的 2.4 GHz ISM 頻段。您無法指定鄰近裝置在共享頻譜中使用哪些頻道。

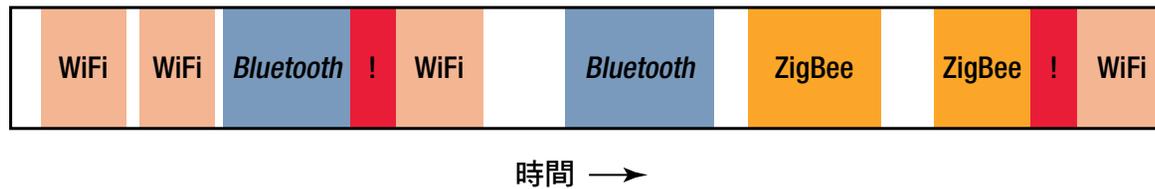
	802.11a/g/n...	802.15.4 (ZigBee)	802.15.2 (Bluetooth)
非重疊通道 (2.4 GHz)	3	16	79
頻寬	22 MHz	5 MHz	1 MHz

技巧 3：時間隔離

時間隔離是一種在不同時間發送和接收傳輸以防止碰撞和干擾的技術。由於大多數射頻網路和協定都經過設計，不會將 100% 時間用來傳輸，實際傳輸時間僅占一小部分，因此這是可行的方法。

挑戰

大多數射頻標準並不是為偵測其他網路傳輸及共享通道而設計。然而隨著資料量增加，花在傳送資料和相對應確認的時間也就越多。這種狀況在重要資料傳輸期間，會使裝置「聽不到」其他協定發射信號的機率增加，並導致傳輸碰撞，進而造成錯誤且需重新發送資料。這表示資料會傳送兩次或更多次，直到被正確接收之前，網路會變得更加擁擠。





步驟 4

建立您的測試計劃



建立您的測試計劃

步驟 4

建立您的測試計劃

達到可靠的裝置與網路效能

為了達到可靠的裝置與網路效能，部署一種或更多技巧是必要的。

對相關部署進行測試，對於設計高品質裝置也至關重要，並可自信滿滿地確定任何射頻環境的運作皆能合乎預期。

建立良好的共存測試計劃應採取五個步驟：

- 分析預期射頻環境
- 選擇您的測試信號
- 定義功能性無線效能
- 選擇測試的實體格式
- 執行共存測試



第 1 步：分析預期射頻環境

若要對裝置預期操作的射頻環境進行分析，就必須對相關頻段進行現場量測。你需要對目標環境中的信號建模，並了解信號強度和所採用的頻譜。

傳統的掃描頻譜分析儀通常無法勝任此工作。裝置的數位傳輸非常短，而且可在掃描到達使用頻率前開始和結束，導致它們不會被偵測到。

為了進行準確現場量測，建議您使用即時頻譜分析儀（RTSA），因為這種分析儀能以高速類比數位轉換器（ADC）進行頻譜連續採樣。

在分析您的預期射頻環境時，RTSA 首先執行即時快速傅立葉變換，以判斷存在的信號類型。如要精準判斷使用中的協定，可能需搭配其他頻譜分析軟體。接著儀器會判斷出信號強度和傳輸速率。



建立您的測試計劃

第 2 步：選擇您的測試信號

找出存在目標環境中的信號後，您必須選擇產生共存測試或為其建模所需的信號類型和數量。

這表示需選擇三種不同層次的測試信號。

舉例來說，一個 Wi-Fi 網路在最底層傳遞資料，兩個 Wi-Fi 和一個 Bluetooth 信號以較高資料速率傳輸。最高層則需要三個 Wi-Fi 和五個 Bluetooth 信號。這些干擾層分別對應風險的高低。進行裝置設計的工程師絕對都不陌生。



第 3 步：定義功能性無線效能

FWP 是用來決定待測物（DUT）在特定環境下通過或不通過的指標。此指標定義了待測物在射頻通道中所需的重要特性。

在此步驟中，我們必須編譯一份裝置所需功能清單，以決定該裝置與其他裝置共存是否正常運作。

這些功能可包括：

- 在設施中啟動裝置和連接無線網路
- 成功發送狀態報告
- 在存取裝置（AP）間漫遊時每分鐘需交換達五筆資料

您所編譯的 FWP 要求取決於待測物的類型、應用及所定義的「正常」操作特性。

第 4 步：選擇測試的實體格式

建立共存測試計劃的最後一步是選擇測試的實體格式。

共有**四種方法**可對共存測試的測試設備進行配置。每個配置的組成元件都很相似：

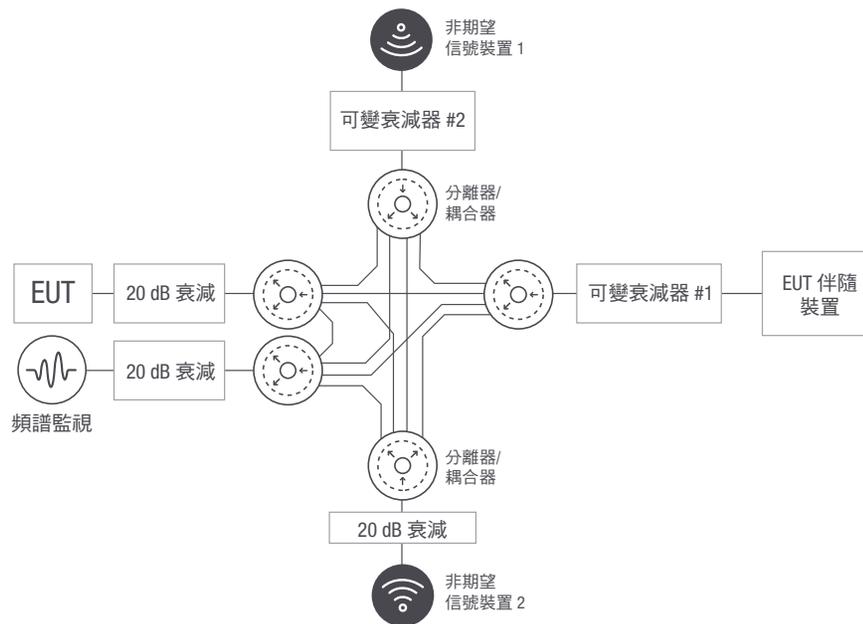
- 待測物
- 與待測物連接或配對的裝置
- 競爭網路裝置
- 頻譜分析儀

選擇的配置需視實際考量而定。待測物有辦法和外部天線連接嗎？裝置是否能在多輸入多輸出（MIMO）網路中運作？裝置是否具有指向型天線？



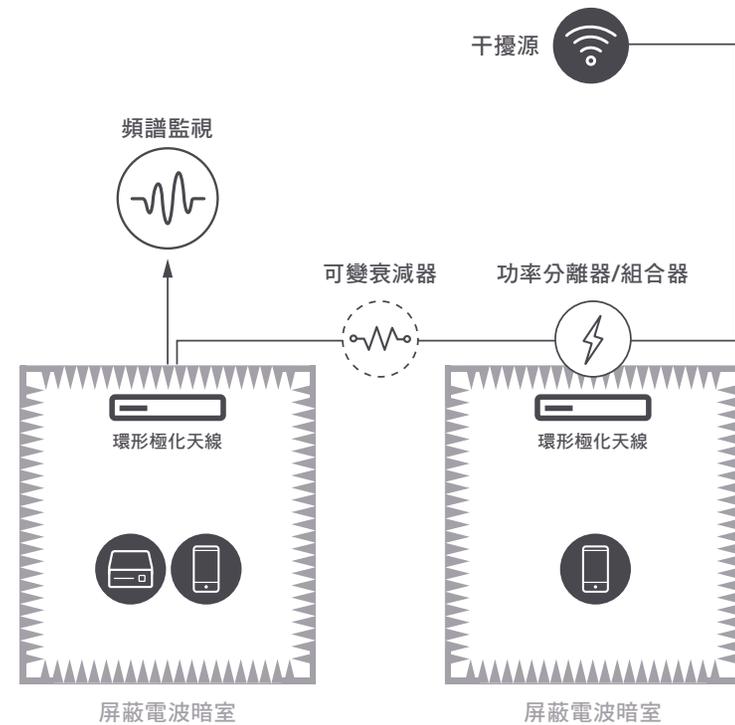
方法 1：傳導/有線測試法

- 透過組合預期和非預期信號執行測試，並用纜線連接至天線旁邊或代替天線的存取埠
- 天線的影響不納入測試中
- 可考慮 MIMO 和波束成形，但具有挑戰性
- 由於環境信號，最不可重複，可重複執行但最不真實的測試方法



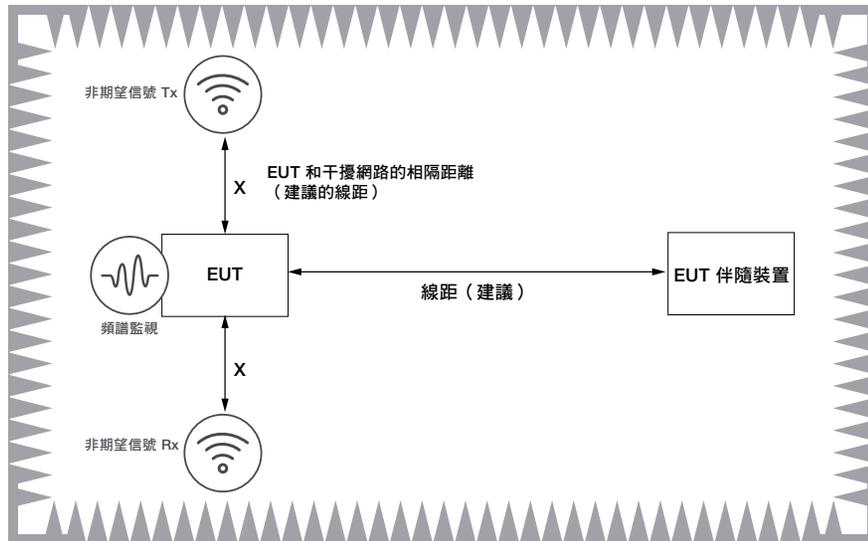
方法 2：多暗室/混合測試法

- 信號由實際設備和天線產生。待測設備和搭配裝置放在獨立的暗室中，以控制待測設備和哪些信號共處
- 可考慮通道效應
- 測試中納入天線的影響



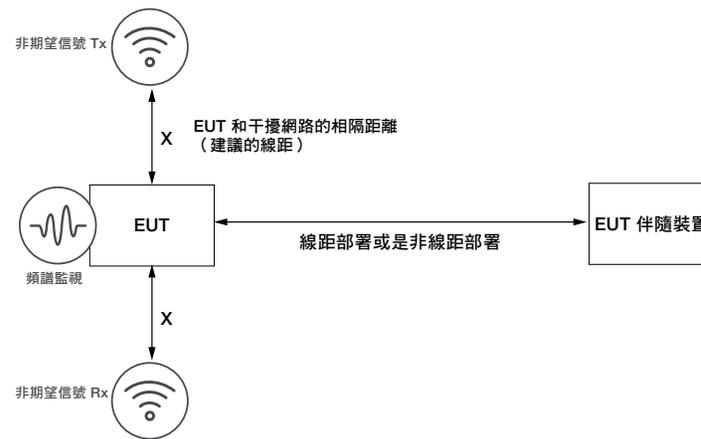
方法 3：輻射電波暗室（RAC）測試法

- 在半電波隔離或全電波隔離暗室中執行
- 確保環境不會降低結果的可重測度
- 考慮天線的影響
- 環境可能和部署環境不同



方法 4：輻射開放環境（ROE）測試法

- 不使用電波隔離室
- 旨在測試任何無線裝置
- 裝置可執行直視或非直視配置
- 由於有環境信號，因此最難以重複執行
- 容易受到環境信號的影響



第 5 步：執行共存測試

最後一步是採用選擇的測試方法執行共存測試。

最有效和最具成本效益的共存測試方法，是對裝置整合的無線模組進行完整的壓力測試。執行端對端測試的最佳做法包括：

- 根據標準制定的無線共存和干擾測試方法，對您的裝置進行先期測試
- 對裝置、AP和基礎設施進行測試
- 執行無線範圍、共存和漫遊測試，來評估裝置預期操作的射頻環境

分析完測試結果並判斷出可能的共存問題（例如無線晶片及模組的射頻效能、模組韌體、CPU 效能和缺陷，和模組驅動程式的韌體缺陷）之後，請在實驗室中進行修復。這種方法既能將您的預算降到最低又不影響時程，而且還能維護您的聲譽。最後得到的結果，是共存機率（或可能性）（POC/LOC）指標，這表示裝置在測試環境中成功運行的可能性。



結語



達成信號共存



達成信號共存

結語

達成信號共存

面對真實世界您該做什麼

信號共存是確保物聯網裝置在預期的射頻環境中，提供穩定可靠的功能及效能之關鍵因素。為了尋找及判斷可能對您的裝置具有負面影響的干擾，我們在本應用說明中共提出 4 大步驟。

第 1 章藉由評估您的選項和各種不同的抗干擾方法，來決定您的物聯網裝置應採用何種無線協定。

第 2 章清楚說明干擾對裝置的影響以及信號共存的重要性，告訴您如何藉由共存測試，在存在干擾信號的情況下消除裝置的非理想特性。

第 3 章探討三種常用於改善裝置和網路共存的技術，及每種技術面臨的挑戰。

第 4 章教您利用這些步驟來設計共存測試計劃。請進行必要的測試，如果干擾源導致您的裝置不符合功能性無線參數，在實驗室盡早判斷問題來源並加以解決。

請記住，裝置在部署至商業應用之前，要找出干擾問題，判斷原因並進行解決是相對容易的。一旦到了消費者手中，裝置的任何非預期特性都會重挫消費者信心，降低品牌形象，甚至可能產生高昂的產品回收費用。與其現場問題重重，不如在實驗室就徹底解決信號共存問題，經濟省事又輕鬆。

想要更深入了解是德科技共存測試解決方案，請瀏覽「[物聯網的設計和測試解決方案](#)」。





本文件資訊如有修改，恕不另行通知。© Keysight Technologies, 2019, Published in USA, May 21, 2019, 5992-3467ZHA
Bluetooth® 和 Bluetooth® 標誌為 Bluetooth SIG, Inc. 註冊商標，已授權是德科技使用。