

Rohde & Schwarz Taiwan Ltd.
14F., No. 13, Sec. 2, Pei-Tou Road, Taipei 112

台灣羅德史瓦茲有限公司
Telefon +886-2-
28931088
Telefax +886-2-

近場通訊(NFC)技術與測試 (Near Field Communication (NFC) Technology and Measurements)

作者：

Mr. Roland Minihold , Test and Measurement Division at Rohde & Schwarz ,
Application Development

譯者：

陳飛宇 -- 台灣羅德史瓦茲 (R&S Taiwan) 寬頻及基礎儀表量測部門 應用支援經理

一、前言：

近場通訊（英語：Near Field Communication，縮寫為 NFC），是一種新型的標準化的近距離無線通訊技術。它利用磁場感應原理，使電子設備在近距離內實現互聯互通。基於 RFID 技術，NFC 提供辨識協議媒介，用以可靠的數據傳輸。通過 NFC，使用者可進行直觀的、安全的、非接觸式交易，可讀取資訊，亦可藉由簡單的接觸或接近即可與其它電子設備連接。

二、介紹：

近場通訊（NFC）是一種新型的近距離無線通訊技術。它將現有的非接觸式辨識技術與互聯互通技術相結合並加以發展，由 Sony 與 NXP Semiconductors（前身為 Philips）共同研發。

NFC 可用於各種資訊交換，如電話號碼，圖像，MP3 文檔，數字式授權，等等。這種交換可在兩個具有 NFC 功能的電子設備（如手機）之間進行，抑或於具有 NFC 功能的手機和與其相容的並位於近距離內的 RFID 晶片卡或讀取器之間完成。NFC 被用作控制獲取資訊的密鑰以及諸如電子收費，通行證，訪問控制等服務。

NFC 工作在以 13.56 MHz 為中心的頻段，並在約 10 cm 範圍內提供速率達 424 kbit/s 的數據傳輸。

與工作在該頻段的傳統式的非接觸式技術（只有主動被動式通訊）不同，具有 NFC 功能的電子設備之間的通訊可以是主動主動式（端對端技術），也可以是主動被動式。因此，NFC 意味著一個在 RFID 網域的連接。NFC 與被廣泛使用的智慧卡基礎架構向後兼容，如基於 ISO/IEC 14443 A（像 NXP 的 MIFARE 技術）和 ISO/IEC 14443 B 的架構，同時也與 Sony 的 FeliCa 卡（JIS X 6319-4）相容。為實現 NFC 設備之間的資訊交換，在標準 ECMA-340 及 ISO/IEC 18092 中制定了新的通訊協議。NFC 論壇於 2004 年由 NXP，Sony 及 Nokia 共同創辦，並藉此協調和促進 NFC 技術的發展。NFC 論壇還制定保證各種 NFC 設備及服務之間互聯互通的技術規範。所有上述的標準（ISO/IEC 14443 A，B，ISO/IEC 18092 以及 JIS X 6319-4/FeliCa）都被涵蓋在內。自 2010 年 12 月起，NFC 論壇為 NFC 設備的兼容性提供證明。

為確保手機與不同廠家的 RFID 晶片卡之間的互聯互通性，需要對各種 NFC 設備進行協議及射頻測試。其中射頻測試主要包括測量有關時間方面的參數，載頻，查詢模式下的信號強度和接收靈敏度，負載調變參數（收聽信號的強度）等等。

三、NFC 的應用

在前面已提及一些 NFC 的應用。其中的最顯著特點是使用的簡易性：只需簡單接觸抑或靠近具有 NFC 功能的設備，便可啟動所需的服務。以下是一些典型的應用：

- 流動式付費
 - 用 NFC 手機購票或付計程車費用
 - 在非接觸式售貨點用 NFC 手機付費
 - 將收據存入 NFC 手機

- 權限及訪問控制 —— 將電子密鑰等權限證明資訊存入 NFC 手機
 - 訪問保密機構
 - 登錄保密電腦系統
 - 打開車門
 - 用 NFC 手機設置居家辦公室

- 在各種 NFC 設備之間進行數據傳輸（端對端數據交換），如智慧型 NFC 手機，數位相機，筆記型電腦，等等
 - 交換名片
 - 把相機靠近印表機並印出照片
- 啓動其它服務（如為數據傳輸啓動其它通訊連接）
 - 設置 Bluetooth 及 WLAN 連接
- 讀取資訊
 - 把智慧型廣告中的時間表存入 NFC 手機
 - 把智慧型廣告中的地圖存入 NFC 手機
 - 把位置存入 NFC 手機，如停車位置
- 購票
 - 把各種票券存入 NFC 手機，如電影，音樂會，體育比賽，等等

四、基於 NFC 的數據傳播原理

與 RFID 標準 14443 及 FeliCa 相似，NFC 使用感應耦合。類似變壓器的原理，NFC 利用兩個導電線圈的磁場以耦合查詢設備（激勵設備）與收聽設備（目標設備）。

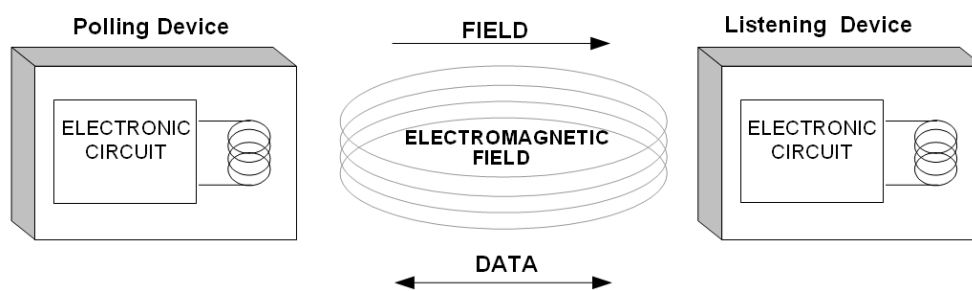


圖 1：查詢設備（激勵設備）與收聽設備（目標設備）之結構配置 [15]

工作頻率是 13.56 MHz，傳輸速率 106 kbit/s（部分地可達到 212 kbit/s 甚至 424 kbit/s）。調變方式為不同調變深度的 OOK（100 % 或 10 %）及 BPSK。

查詢設備的功率與數據傳輸

向被動系統（如處於被動卡仿真模式下的 NFC 手機）進行傳輸時，被動系統藉以查詢設備的 13.56 MHz 載波信號作為驅動能源。查詢設備的調變方式為 ASK。

在 NFC 端對端模式下，雙方都處於查詢狀態，其信號都被加以調變及編碼。此時，所需功率相對減少，因為每個 NFC 設備都有個自的能源供給，並且傳輸結束後載波信號自動停止發射。

收聽設備的數據傳輸

由於查詢設備與收聽設備的線圈之間的耦合，被動的收聽設備同樣作用於主動的查詢設備。收聽設備的阻抗變化直接影響查詢設備天線端電壓幅度或相位變化。查詢設備可檢測這種變化。這就是負載調變技術。使用 848 kHz 輔助載波的負載調變用於收聽模式（如 ISO / IEC 14443），其中，輔助載波由基帶信號加以調變，並以此改變收聽設備的阻抗。圖 2 顯示負載調變的頻譜。調變方式為 ASK（如 ISO / IEC 14443 A PICC）或 BPSK（如 14443 B PICC）。此外，還有第三種被動模式，它與 FeliCa 相容，其負載調變不使用輔助載波，而為直接作用於 13.56 MHz 載波的 ASK 調變。

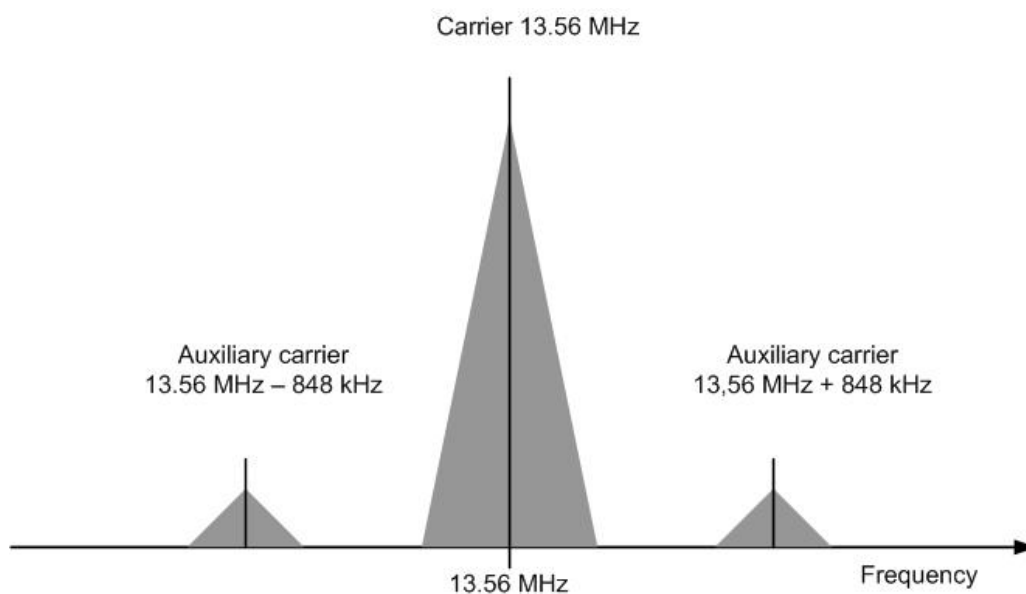


圖 2：基於 13.56 MHz 載波並使用 848 kHz 輔助載波的負載調變——圖中的三角形表示載波及輔助載波的調變頻譜（由於 NFC 使用時分多路通訊，三組譜線並不同時出現）

調變方式與編碼

調變方式為不同調變深度的 OOK (100 % 或 10 %) 及 BPSK (如 ISO / IEC 14443 B PICC)。

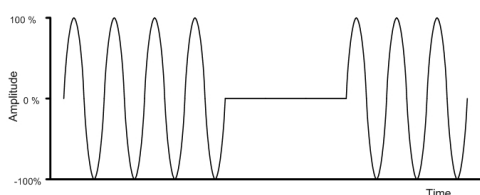


圖 3：100 % 調變深度的 ASK

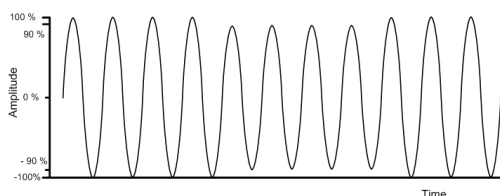


圖 4：10 % 調變深度的 ASK

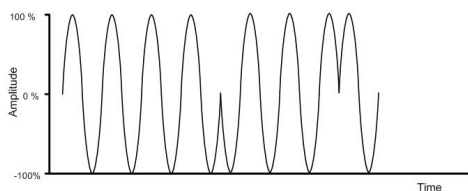


圖 5：BPSK 調變

NFC 使用 NRZ-L，Modified Miller 以及 Manchester 編碼。

- NRZ-L 編碼的一個位元若是高電位即代表邏輯 1，低電位則代表邏輯 0。
- Manchester 編碼將每一個位元分成兩段，邏輯 1 的前半段為高電位，後半段為低電位。邏輯 0 的前半段為低電位，後半段為高電位。
- Modified Miller 編碼也將每一個位元分成兩段，邏輯 1 的後半段的起始有一個低電位脈衝，而邏輯 0 以一個低電位脈衝開始。其中的例外是，當邏輯 1 之後為邏輯 0 時，不出現邏輯 0 的低電位脈衝，信號保持為高電位。

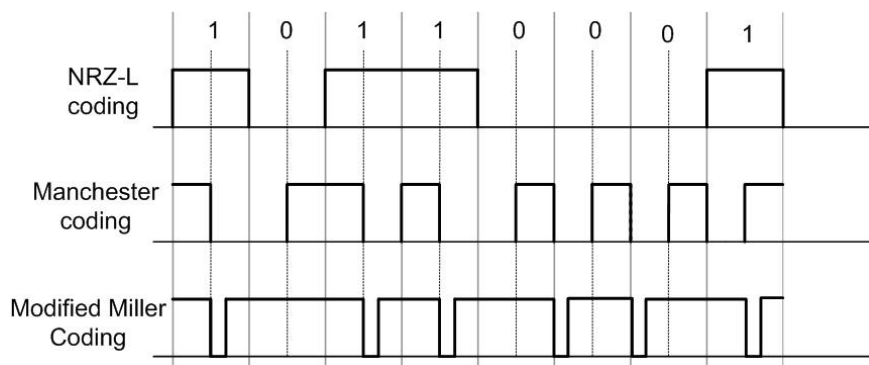


圖 6：NFC 使用三種編碼中的一種：NRZ-L，Modified Miller 或 Manchester（請參見表 1 和表 2）

圖 7 顯示使用 ASK 調變及 Manchester 編碼的負載調變（如，處於被動卡仿真模式下的 14443 A PICC 或 NFC-A 設備，參見 **Error!**

Reference source not found.一節）

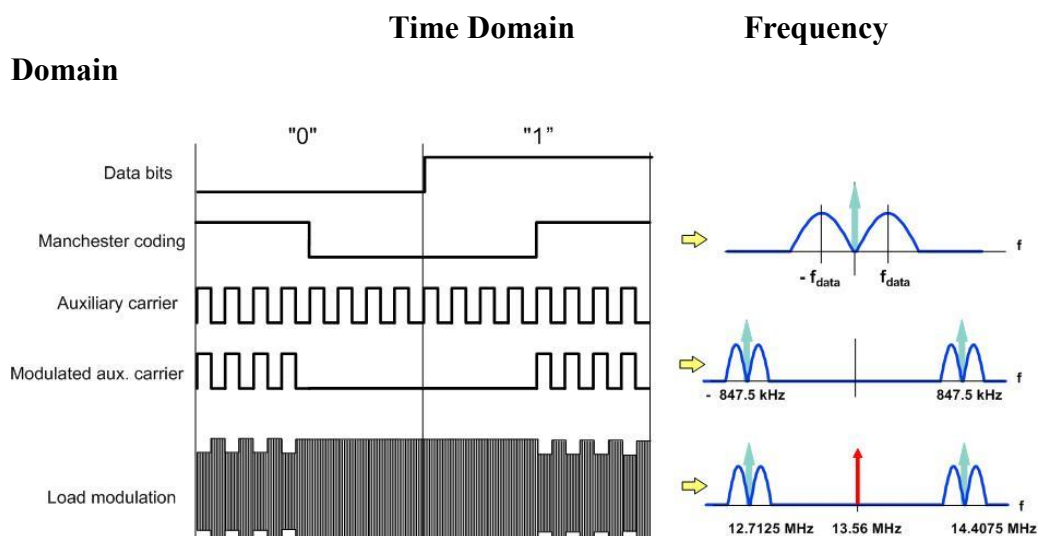


圖 7：使用輔助載波的負載調變在時域及頻域的圖示 [6]

四、NFC 技術與信號

4.1 NFC 標準的沿革

三大標準 ISO / IEC 14443 A，ISO / IEC 14443 B 以及 JIS X 6319-4 皆屬於 RFID 標準，由不同公司（NXP，Infineon 及 Sony）提出。第一個射頻 NFC 標準是 ECMA 340，並基於 ISO / IEC 14443 A 與 JIS X 6319-4 的空中接口。之後，ECMA 340 被編入標準 ISO / IEC 18092。與此同時，信用卡的主要發放公司（Europay，Mastercard，Visa）也開始推廣基於 ISO / IEC 14443 A 與 ISO / IEC 14443 B 的付費標準 EMVCo。在 NFC 論壇上，兩大群體將空中接口一致化，並分別命名為 NFC-A（基於 ISO / IEC 14443 A），NFC-B（基於 ISO / IEC 14443 B）以及 NFC-F（基於 FeliCa）。

圖 8 和圖圖 9 分別顯示了 NFC 射頻與協議標準以及測試規範的沿革過程。

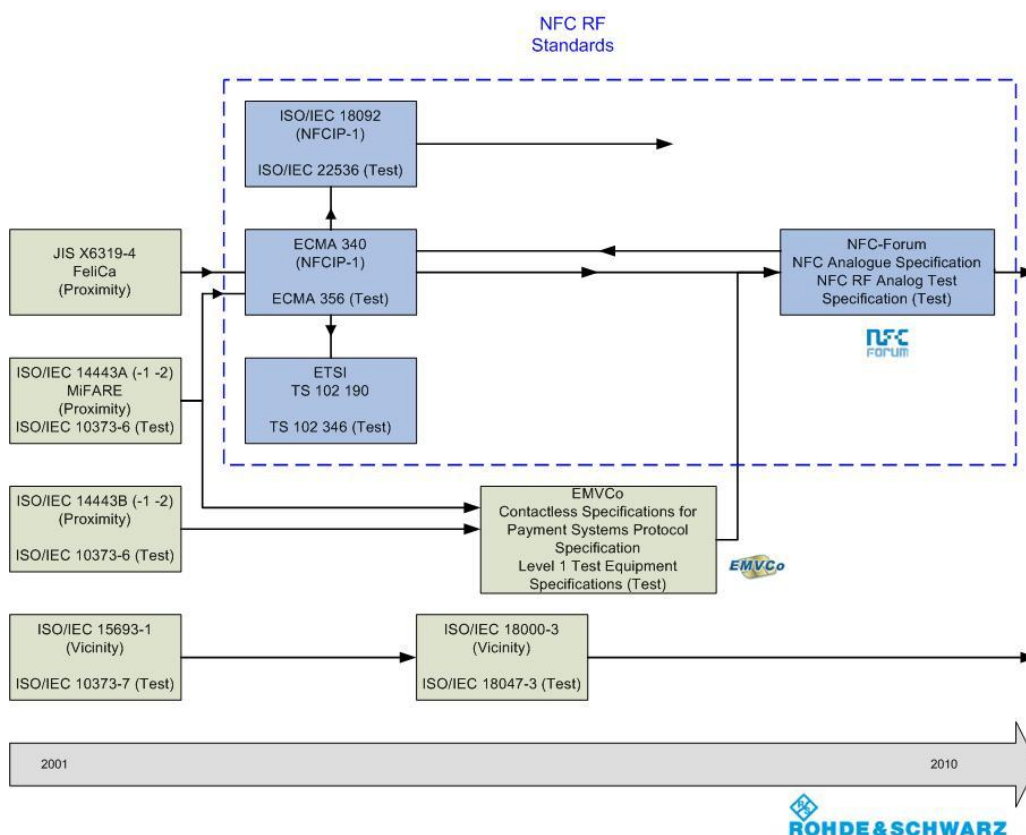


圖 8：NFC 射頻標準的沿革

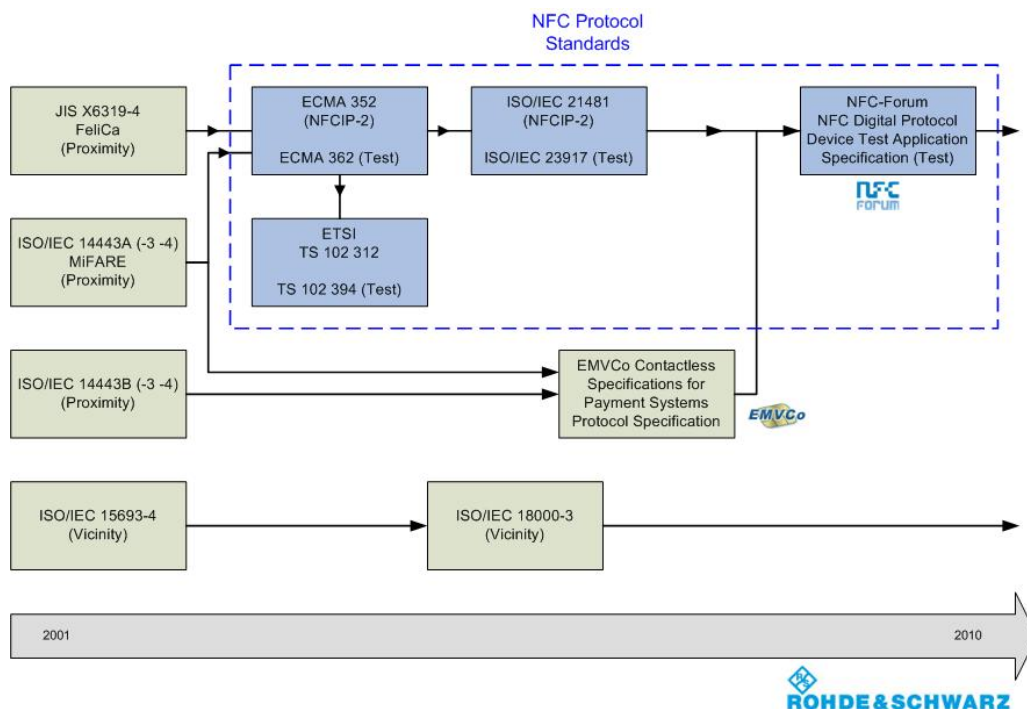


圖 9：NFC 協議標準的沿革

4.2 NFC 的工作模式，調變與編碼

NFC 有三種主要的工作模式：

- 被動卡仿真模式（被動模式）：這時的 NFC 設備就如同與現存的標準相容的非接觸式卡片。
- 端對端模式：兩個 NFC 設備進行資訊交換。與讀寫模式相比，激勵設備（查詢設備）所需功率相對減少，因為目標設備（收聽設備）也有自己的能源供給。
- 讀寫模式（主動模式）：NFC 設備處於主動狀態，對現存的被動式 RFID 標籤進行讀寫。

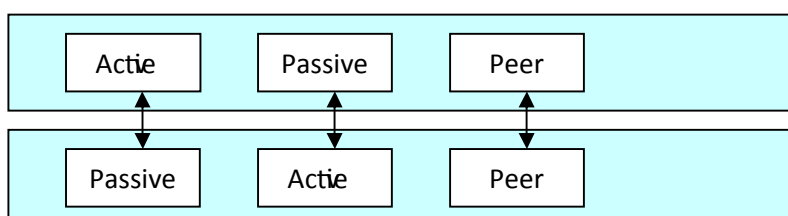


圖 10：NFC 的工作模式

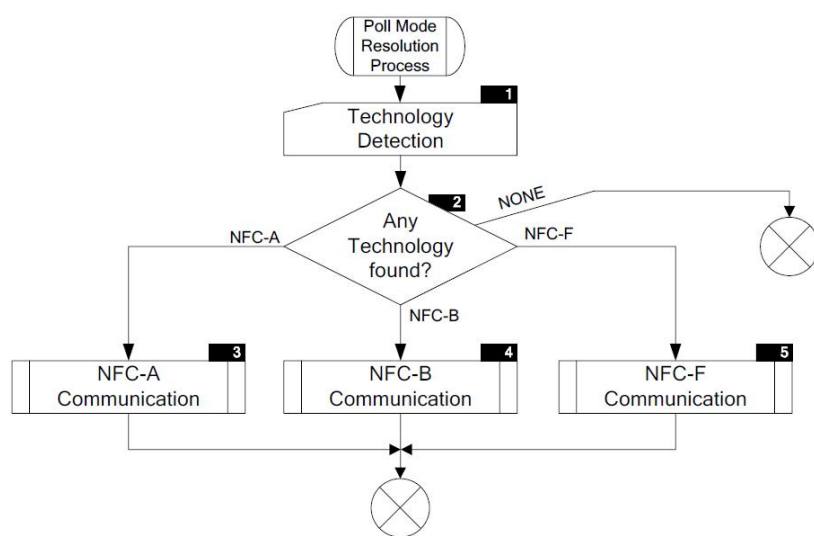
上述的每一種模式都可以與下面的任意一種傳輸技術相互結合：

NFC-A（與 ISO/IEC 14443 A）向後兼容

NFC-B（與 ISO/IEC 14443 B）向後兼容

NFC-F（與 JIS X 6319-4）向後兼容

為支持所有各種不同技術，處於查詢模式下的 NFC 設備首先用相應的請求信號試探 NFC-A，NFC-B 以及 NFC-F 標籤的反應。當從相容設備得到反應後，NFC 設備便依照標準建立通訊模式（NFC-A，NFC-B 抑或 NFC-F 模式）。


圖 11：查詢模式下辨識過程之流程圖（主要流程） [16]

依照通訊模式（主動或被動），傳輸技術（NFC-A，-B，-F）以及傳輸速率（比特率）的不同，進行相應的編碼與調變。

表表 1 列出對應於 NFC-A，-B 和-F 傳輸技術的編碼，調變以及數據速率。

NFC Technical Standards Specifications of the Air Interface					
NFC-Forum Standard	Polling / Listening	Coding	Modulation	Data Rate	Carrier frequency
NFC-A	Polling	Modified Miller	ASK 100%	106 kb/s	13.56 MHz
	Listening	Manchester	Load modulation (ASK)	106 kb/s	13.56 MHz +/- 848 kHz subcarrier
NFC-B	Polling	NRZ-L	ASK 10%	106 kb/s	13.56 MHz
	Listening	NRZ-L	Load modulation (BPSK)	106 kb/s	13.56 MHz +/- 848 kHz subcarrier
NFC-F	Polling	Manchester	ASK 10%	212 / 424 kb/s	13.56 MHz
	Listening	Manchester	Load modulation (ASK)	212 / 424 kb/s	13.56 MHz (without subcarrier)

表 1：NFC 射頻標準概要

4.3 NFC 標籤類型

NFC 標籤是被動設備，可用於與 NFC 主動設備進行通訊。NFC 標籤主要用於廣告，以及用於存儲數量不大的資訊並將資訊傳送給 NFC 主動設備等領域。依照不同的格式和容量，NFC 標籤被分為四種基本類型並以類型 1 至 4 命名。其格式分別基於 ISO 14443 的類型 A 與 B 以及 Sony 的 FeliCa。

NFC Type definition				
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
ISO/IEC standard	14443 A	14443 A	JIS 6319-4	14443 A / B
Compatible Product	Innovision Topaz	NXP MIFARE	Sony FeliCa	NXP DESFire, SmartMX-JCOP, ...
Data rate	106 kb/s	106 kb/s	212, 424 kb/s	106/212/424 kb/s
Memory	96 bytes, expandable to 2 kbyte	48 bytes, expandable to 2 kbyte	Variable, max. 1Mbyte	Variable, max. 32 kbyte
Anti-collision	No	Yes	Yes	Yes

表 2：NFC 標籤類型

五、NFC 射頻測量

為確保 NFC 設備的功能符合各種標準，必須進行一系列的射頻測量以及綜合的協議測量。依照 NFC 模擬測試規範草案[15]，射頻測量需由參考設備予以規定（即 NFC 論壇的參考收聽器和 NFC 論壇的參考查詢器）。這些參考設備相當於 NFC 的典型設備。它們處於查詢及收聽模式，其天線大小各異，用以提供定義明確的、有可比性的測量。

5.1 測試方案

為測試 NFC 設備的收聽及查詢模式，NFC 論壇規定了下面兩種方案。

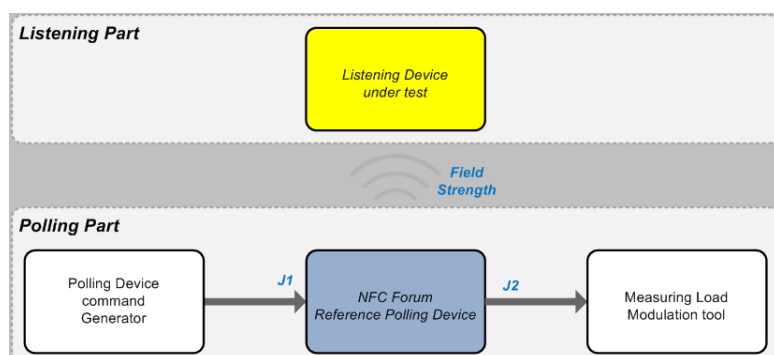


圖 12：NFC 設備的收聽模式測量配置 [15]

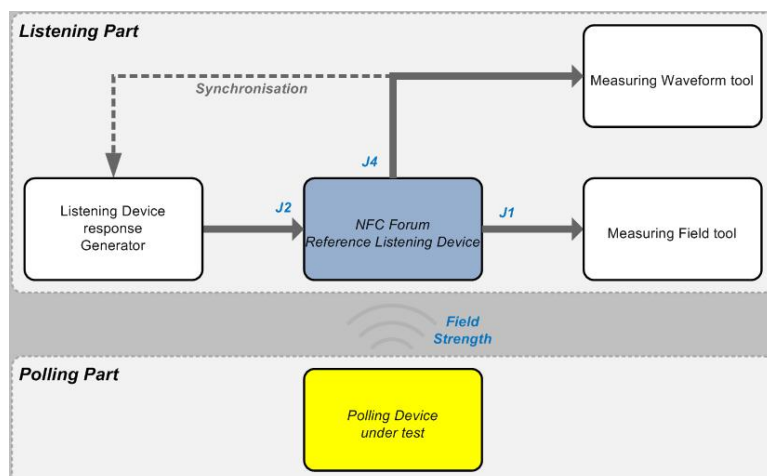


圖 13：NFC 設備的查詢模式測量配置 [15]

5.2 NFC 論壇的參考設備

參考查詢設備：

當與適當的信號源和功放相連接時，NFC 論壇的參考查詢設備即向待測收聽設備發送指令。測試儀器隨即捕獲並分析待測物的反應。

NFC 論壇的參考查詢設備有三種不同的天線線圈設計，並基於標準 EMVCo PCD*) (針對查詢器 Poller-0)，以及 ISO 標準化的 PICC 天線線圈設計的兩種補償型 (針對查詢器 Poller-3 和 6)。

*) EMVCo: Europay, Mastercard, Visa Companies [7],
PCD: Proximity Coupling Device (鄰近耦合設備，即一種讀取器)

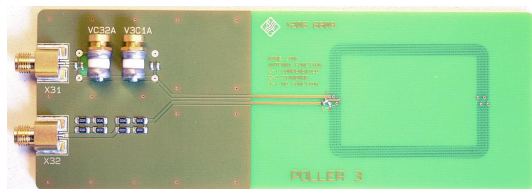


圖 14：實例——NFC 論壇的參考查詢器 3 [15]

參考收聽設備：

NFC 論壇的參考收聽設備分析待測查詢設備所發送的信號。為了分析信號的頻率與波形，NFC 論壇的參考收聽設備配有感應線圈。

利用由適當的外接信號源 (如，任意波形發生器) 所產生的負載調變的不同電平，NFC 論壇的參考收聽設備也能向待測物發送信息。

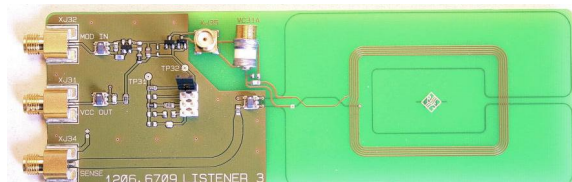


圖 15：實例——NFC 論壇參考收聽器 3 [15]

查詢設備的工作範圍是指，至少在此範圍 (空間) 內，NFC 設備之間能夠依照規範實現互聯互通。圖圖 16 顯示了工作範圍的具體定義。

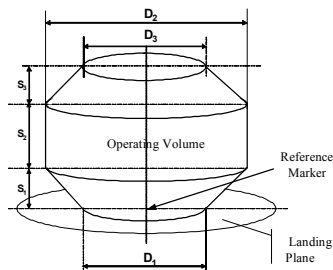


圖 16：NFC 工作範圍之定義 [15]

5.3 NFC 設備的射頻測量

NFC 模擬測試規範草案 [15] 規定了有關 NFC 設備的型號認證的射頻測量。以下是最重要的射頻測試項目：

在主動式查詢模式下：

- 載頻精度測量
- 功率測量
在查詢模式下，必須有足夠的功率輸出
- 波形特性測量
有關時間方面參數的測量，如上升及下降沿時間，等等
- 負載調變靈敏度測量
查詢設備需能夠在規定的最小電平下正確接收負載調變
- 門檻電平測量（待測查詢設備需能夠在遇到特定強度的外加電磁場時停止工作）

在被動式收聽模式下：

- 負載調變測量
負載調變的強度需處於所要求的範圍內（收聽設備的應答）
- 功率接收測量
收聽設備需能夠在惡劣的條件下做出正確應答

- 幀時延測量（對於 NFC-A 模式中的防撞算法尤其重要）
幀時延是從查詢指令之終止，直到處於被動卡仿真模式下的 NFC 手機開始傳送為止的響應時間。

只要手機可以支持，必須針對不同模式（NFC-A，NFC-B 及 NFC-F）進行以上所有的測量。

六、針對具有 NFC 功能的手機之測試實例

6.1 測試方案

以下部分將表述針對手機在查詢及收聽模式下的測試方案。

手機在查詢模式下的測試方案

NFC 論壇的參考收聽器被用來測試 NFC 手機。藉由適當的高性能之示波器（如 R&S®RTO）可檢測功率，載頻以及調變波形。高性能示波器的獨特優點在於其綜合的觸發功能，因此無須使用外部觸發。適當的信號或頻譜分析儀（如 R&S®FSV）亦可在零跨頻模式下借助外部觸發對載頻功率及調變波形進行測量。此外，頻譜分析儀還可用於測量雜散輻射。

為測量負載調變靈敏度，適當的具有任意波形功能之射頻信號產生器（如 R&S®SMBV100A）將產生適當的應答信號 SENS_RES（SENSE RESPONSE），以作為對於由 NFC 設備所發出的詢問信號 SEL_REQ（Select Request）之應答。信號產生器由示波器予以觸發。

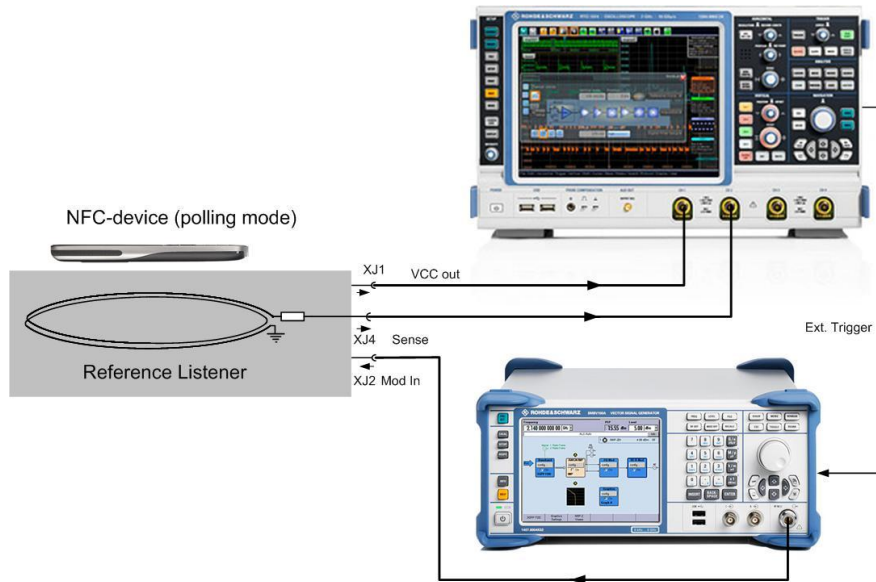


圖 17：NFC 手機在查詢模式下的測試方案（簡化圖式），用以測試載頻，功率，調變波形，以及負載調變靈敏度等參數

NFC 手機在收聽模式（被動卡仿真模式）下的測試方案

NFC 論壇的參考查詢設備被用來測試在收聽模式（被動卡仿真模式）下的 NFC 手機。

適當的具有任意波形功能之射頻信號產生器（如 R&S®SMBV100A）將產生查詢信號。command sequences to stimulate the NFC mobile phone in passive mode, like ... 藉由脈衝程序軟體 R&S®SMx-K6，可輕鬆地產生或更改指令序列（如 SENS_REQ，SDD_REQ，SEL_REQ，Pol_REQ，等等），用以激勵處於被動模式下的手機。相應的測試方案以及波形文件隨即可得。為提供足夠的功率給待測物，需使用功放。

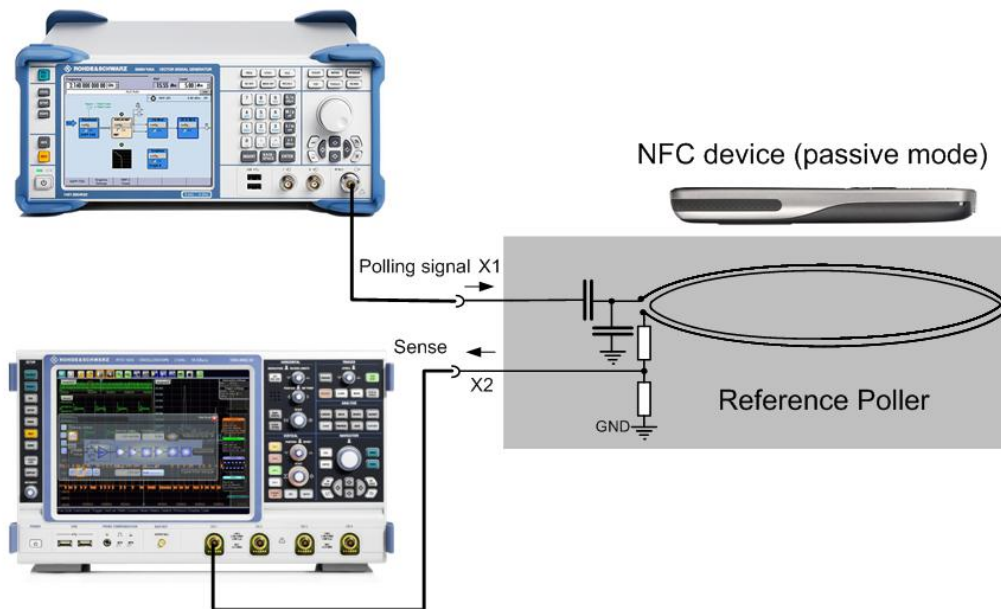


圖 18：針對在被動卡仿真模式下的 NFC 手機之測試方案，用以測試負載調變，幀時延等參數

6.2 使用示波器及信號分析儀之測試結果

以下部分將表述針對 NFC 手機的測試結果，並以此說明示波器 R&S®RTO 及信號分析儀 R&S®FSV 的功能。

在查詢模式下功率及載頻的測試

圖 19 顯示針對 NFC 手機在查詢模式下的功率測量結果。其中，載頻的測試結果也以圖 17 所示之測試方案，藉由 NFC 論壇的參考設備而同時獲得。

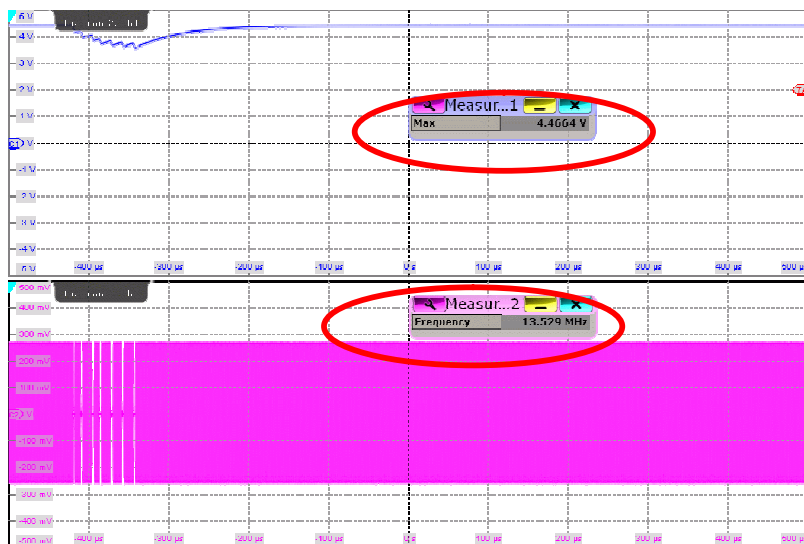


圖 19：藉由示波器 R&S®RTO 的並行測量實例——針對 NFC 設備在查詢模式下的功率測量（上面的圖形）及載頻測量（下面的圖形）

在查詢模式下波形特性的測量

圖 圖 20 顯示藉由示波器 R&S®RTO，在查詢模式下波形特性的測量實例。其中，以光標 1（位於 5 %處）和光標 2（位於 90 %處）得到上升沿時間 575 ns。

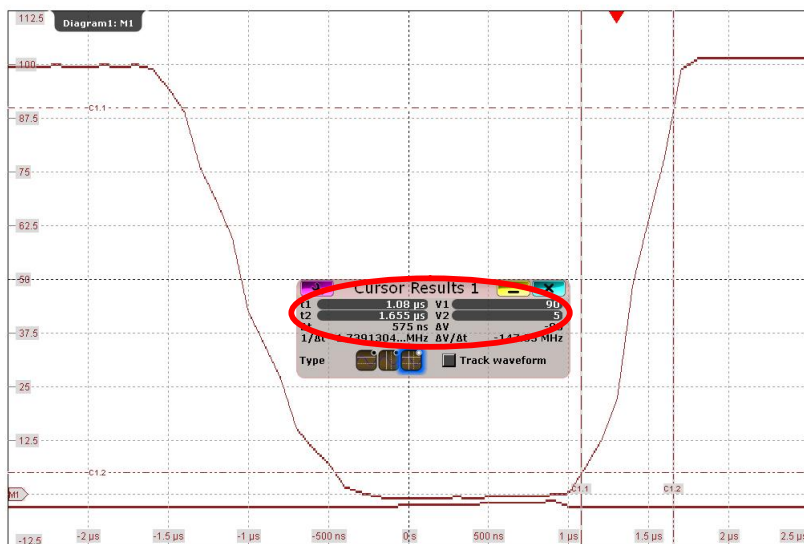


圖 20：藉由示波器 R&S®RTO，在查詢模式下波形特性（上升沿時間）的測量實例

在收聽模式下幀時延的測量

圖 21 顯示圖 18 所示之測試方案，藉由示波器 R&S®RTO，針對 NFC 手機在被動卡仿真模式下幀時延的測量實例。上面的圖形顯示 Select Request 信號（由任意波形產生器發送）以及隨後的 NFC 手機在被動卡仿真模式下之響應（負載調變）。下面的圖形則是將畫面放大的顯示，即從 Select Request 信號的最後一個位元，直到響應的第一個位元為止的時間範圍。以兩個光標（光標 1 和光標 2）測量得到幀時延（86.51 μs ）。在兩個光標之間的波形幅度變化是 NFC 手機在被動卡仿真模式下所產生的寄生負載調變。

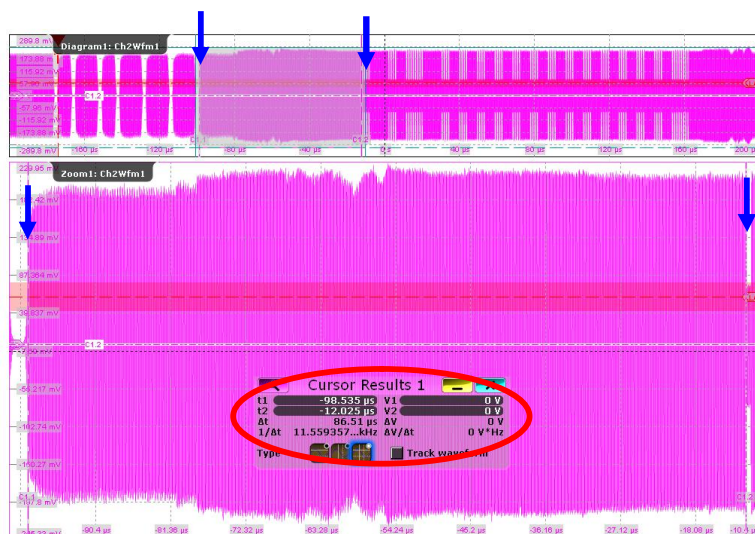


圖 21：針對 NFC 手機在被動模式（14443 PICC 卡仿真模式）下幀時延的測量實例——上面的部份顯示首先是 Select Request 信號，接著是連續波信號（NFC 手機所產生的寄生負載調變），最後是 NFC 手機的響應

如前所述，幀時延也可藉由適當的頻譜分析儀以零跨頻進行測量。
圖 22 顯示由 R&S®FSV 所測之結果。標誌 M1 位於查詢信號最後一個位元的上升邊緣，差量標誌 D2 位於收聽信號的第一個位元並顯示幀時延（86.28 μ s）。

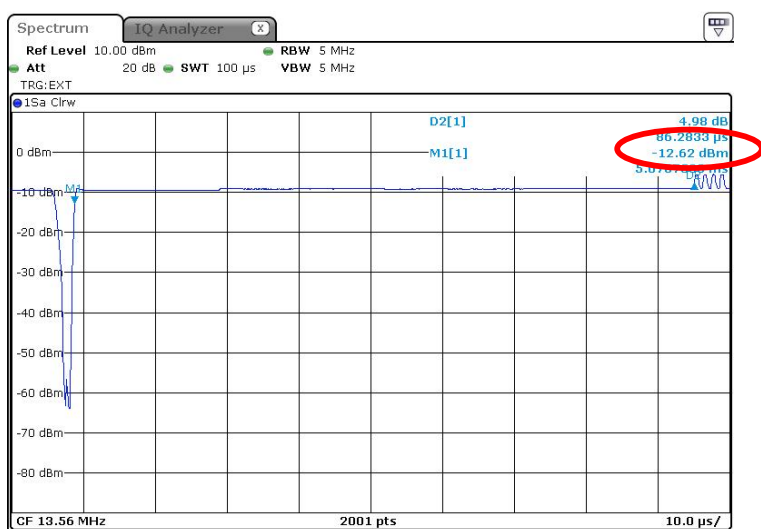


圖 22：藉由頻譜分析儀 R&S®FSV 進行幀時延測量之實例——差量標誌 D2 測量從查詢指令的終止，直到手機在卡仿真模式下發送的起始之響應時間（86.28 ms）

在收聽模式下負載調變的測量

NFC 之負載調變是 13.56 MHz 查詢信號包絡的平均最大值與平均最小值之差。

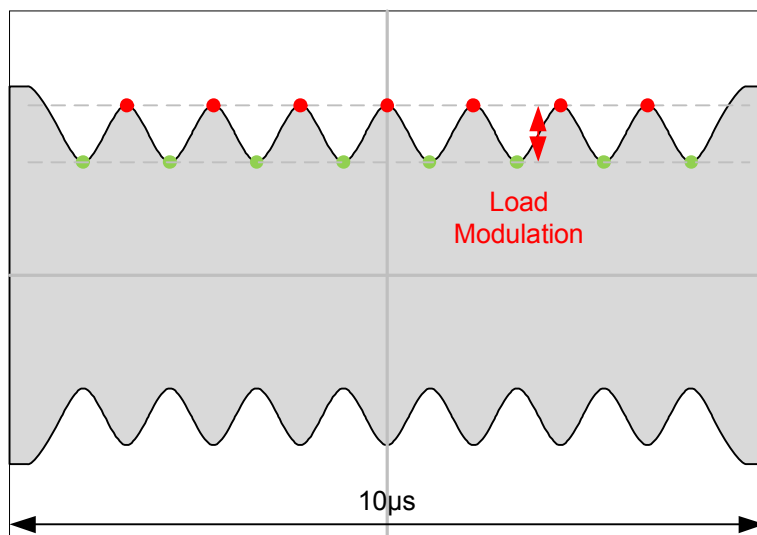


圖 23：依照 NFC 論壇的負載調變之定義

下面的例子顯示使用示波器 R&S®RTO（圖 24）及頻譜分析儀 R&S®FSV（圖 25）對負載調變的測試。由於頻譜分析儀測得信號的均方根值，其示值需乘以係數 1.41 而得到示波器所示之峰值。

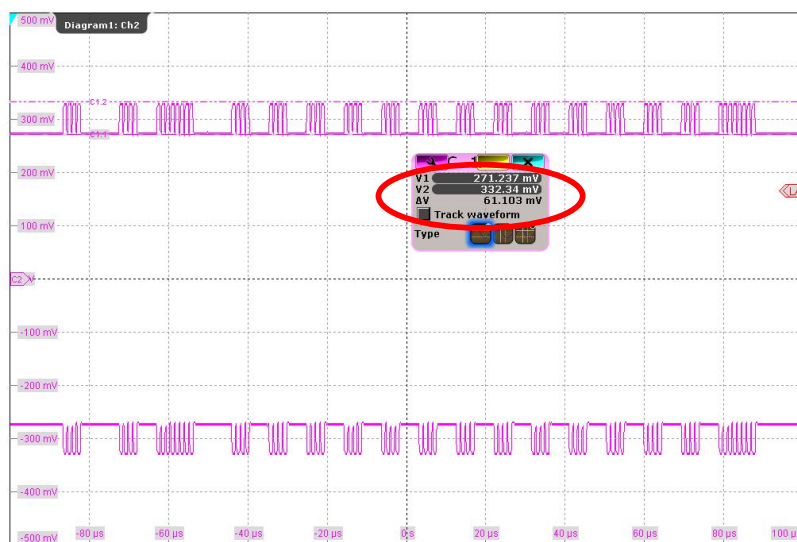


圖 24：使用示波器 R&S®RTO 測量負載調變——以兩條標誌線測量查詢信號包絡的平均最大值與平均最小值之差（本例為 61.1 mV）

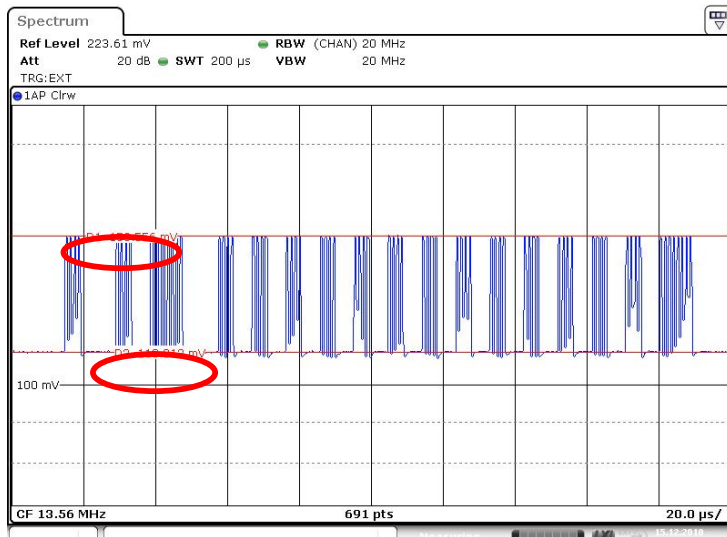



圖 25：使用頻譜分析儀 R&S®FSV 測量負載調變——在零跨頻模式下，兩條標誌線 D1 與 D2 測得最大與最小均值，即負載調變的均方根值 = D1 與 D2 之差 = 153-110 mV = 43 mV，而負載調變 = 43 mV * 1.41 = 60.6 mV（如上所述）

七、縮寫介紹

Abbreviations	
Abbreviation	Description
ASK	Amplitude Shift Keying
BPSK	Binary Phase Shift Keying
NRZ-L	Non-Return to Zero, (L for Level)
OOK	On-Off-Keying
ISO	International Organization for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
ECMA	European Association for Standardizing Information and Communication Systems
EMVCo	 Europay, Mastercard, Visa Companies. EMVCo manages, maintains and enhances the EMV® Integrated Circuit Card Specifications for chip-based payment cards and acceptance devices, including point of sale (POS) terminals and ATMs. EMVCo is currently owned by American Express, JCB, MasterCard and Visa

Abbreviations	
Abbreviation	Description
JIS	Japanese Industrial Standard
NFC	Near Field Communication
NFC-A	Near Field Communication – NFC-A Technology
NFC-B	Near Field Communication – NFC-B Technology
NFC-F	Near Field Communication – NFC-F Technology
NFCIP-1	Near Field Communication Interface and Protocol according to <i>[NFCIP-1]</i> . Specific protocol of the NFC Peer Mode
NDEF	NFC Data Exchange Format
PCD	Proximity Coupling Device (Reader)
PICC	Proximity Integrated Circuit Card

八、參考文獻

- [1] Klaus Finkenzeller, “RFID Handbuch”, Hanser Verlag
- [2] Josef Langer, Michael Roland “Anwendung und Technik von Nearfield Communication (NFC)”, Springer Verlag
- [3] <http://www.nfc-forum.org/home/>
- [4] Keen: NFC Forum Technical Overview. Slides (April 2009)
- [5] NFCForum-CS-DeviceTestApplication-1.1
- [6] RFID – Protokolle, Vorlesung RFID Systems, Michael Gebhart, TU Graz
- [7] <http://www.emvco.com>
- [8] ISO/IEC 14443-2 Identification cards-Contactless integrated circuit cards-Proximity cards – Part 2: Radio frequency and signal interface
- [9] JIS X6319-4 (2005) Specification of implementation for contactless circuit card(s)-Part 4: High Speed proximity cards
- [10] Standard ECMA-340 Near Field Communication Interface and Protocol (NFCIP-1)
- [11] ETSI TS 102 190 Near Field Communication (NFC) IP-1;Interface and Protocol (NFCIP-1)
- [12] ISO/IEC 18092 Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Near Field Communication-Interface and Protocol
- [13] EMV Contactless Communication Protocol Specification
- [14] NFC Digital Protocol Technical Specification 1.0

- [15] NFC Analogue Specification Draft, Technical Specification, NFC Forum™
(Subject to change by the NFC Forum)
- [16] NFCForum-CS-Device Test Application 1.1