NFC（Near Field Communication）の技術と測定

ホワイト・ペーパー

NFC（Near Field Communication）は規格に基づく新しい短距離無線接続技術で、電磁誘導を利用して至近距離の電子機器間での通信を可能にします。NFC は RFID 技術に基づき、データ転送の安全性を確認する識別プロトコルの通信手段を提供します。NFC は使いやすく安全な非接触型処理を実現するほか、電子機器同士を接触させたり近付けたりするだけで、デジタル・コンテンツへのアクセスやその機器への接続が可能になります。
このホワイト・ペーパーでは NFC の使用方法、NFC の技術と信号、NFC 機器の RF 測定の概要を説明するほか、R&S のテスト機器およびソフトウェア・ツールを使用した測定結果の例をいくつかご紹介いたします。

ホワイト・ペーパー

Roland Minihold
2011 年 3 月-1MA182_4J

ROHDE&SCHWARZ

目次

1 概要 3

2 NFCの使用例 4

3 NFCによるデータ転送の基礎 5

4 NFCの技術と信号 8

4.1 NFC規格の発展 8

4.2 NFCの動作モード、変調、コーディング 10

4.3 NFCのタグタイプ 12

5 NFC RF測定 13

5.1 テスト・セットアップ 13

5.2 NFCフォーラム基準デバイス 14

5.3 NFCデバイスのRFテスト 15

6 NFC対応デバイスの測定例 16

6.1 テスト・セットアップ 16

6.2 R&S®FS-K112 NFC解析ソフトウェアとR&S®RTOデジタル・オシロスコープを使用した測定結果 19

7 略語 24

8 参考文献 25

1 概要

NFC は、既存の非接触型認識技術と相互接続技術の組み合わせから発展した新しい短距離無線接続技術で、ソニーと NXP セミコンダクターズ（旧フィリップス）が合同で開発したものです。

NFC は、電話番号、画像、MP3 ファイルなどのさまざまなタイプの情報交換や、近接して置かれた携帯電話などの NFC 対応デバイス間、あるいは NFC 対応携帯端末と互換 RFID チップカード／リーダー間でのデジタル認証を行うことができるように設計されています。NFC は、コンテンツへのアクセスキーとしての使用や、キャッシュレス決済、チケット販売、アクセス制御などのサービスへの使用を目的としています。

NFC は 13.56MHz を中心とする周波数帯で動作し、約 10cm 以内の距離では最大 424kbit/s でデータを転送します。
この周波数帯を使用する従来の非接触型技術（アクティブ・パッシブ通信のみ）とは異なり、NFC 対応デバイス間では、アクティブ・アクティブ（ピアツーピア）およびアクティブ・パッシブのどちらでも通信できるため、RFID とのリンクが可能です。NFC には、広く普及している ISO/IEC 14443 A（NXP の MIFARE 技術など）や ISO/IEC 14443 B、あるいはソニーの FeliCa カード（JIS X 6319-4）に基づくスマートカード・インフラストラクチャとの後方互換性があります。2 台の NFC デバイス間での情報交換用に新しいプロトコルが開発され、ECMA-340 規格および ISO/IEC 18092 規格として定められました。NFC フォーラムは、NFC 技術を統一し、その普及を促進するために、NXP、ソニー、およびノキアによって 2004 年に設立された組織です。NFC フォーラムは、NFC 機器とサービスの相互運用性を確保するための仕様を策定しています。これには、上に挙げたすべての規格（ISO/IEC 14443 A、B、ISO/IEC 18092、JIS X 6319-4/FeliCa）が含まれています。2010 年以降、NFC フォーラムは NFC 機器の仕様適合証明を行っています。

さまざまなメーカーの携帯端末と RFID チップカード間の相互運用性を確保するには、NFC デバイスのデジタル・プロトコル・テストと RF 測定を行う必要があります。RF 測定には、基本的にタイミング測定、ポーリング・モードでの信号強度測定、搬送波周波数測定、ポーリング・モードでの受信感度、および負荷変調（リスナ信号の信号強度）の測定が含まれます。

2 NFC の使用例

NFC にはさまざまな応用例が考えられます。NFC の大きな利点は使いやすいことで、デバイスに触れたり、相手方の機器に近付けたりするだけで必要なサービスが開始されます。以下に、代表的な使用例をいくつか挙げます：

- 携帯端末での支払い
  - NFC 携帯端末によるチケットやタクシー料金の支払い
  - 非接触 POS（販売時点情報管理）での NFC 携帯端末による支払い
  - NFC 携帯端末へのクーポン券などの保存

- 認証、アクセス制御 - 電子キーの保存、NFC 携帯端末による本人確認
  - 建物への出入りにおけるセキュリティの強化
  - PC へのログオンにおけるセキュリティの強化
  - 車のドアロック解除
  - NFC 端末によるホームオフィスのセキュリティ

- NFC スマートフォン、デジタルカメラ、ノートパソコンなどのさまざまな NFC 機器間でのデータ転送（ピアツーピアのデータ交換）
  - 電子名刺の交換
  - カメラをプリンタに近づけるだけで写真を印刷するサービス

- 別のサービスのロック解除（データ転送のために別の通信リンクを開く等）
  - ブルートゥース、WLAN リンクなどの設定

- デジタル情報へのアクセス
  - スマートポスターから NFC 携帯端末へのスケジュールの読み込み
  - スマートポスターから NFC 携帯端末への地図のダウンロード
  - NFC 携帯端末への駐車場などの場所の記録

- チケット販売
  - NFC 携帯端末への劇場／アトラクション／イベントのチケットの保存

3 NFC によるデータ転送の基礎

RFID 規格 14443 や FeliCa 同様、NFC は誘導結合を使用します。
トランスと同様の原理により、2 つの導体コイルの近傍磁界を使用して、ポーリング・デバイス（イニシエータ）とリスニング・デバイス（ターゲット）を結合します。

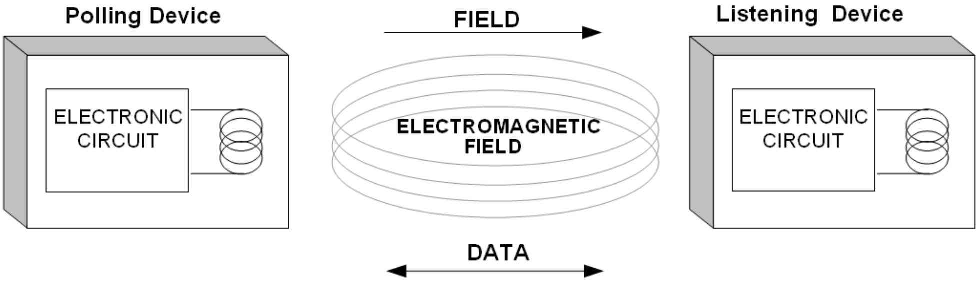


図 1：ポーリング・デバイス（イニシエータ）とリスニング・デバイス（ターゲット）の構成 [15]

動作周波数は 13.56MHz で、ビットレートは 106kbit/s です（212kbit/s や 424kbit/s が使われることもあります)。変調方式は、変調度の異なる（100%または 10%）振幅オン／オフキーイング（OOK）と BPSK が使われます。

ポーリング・デバイスからのパワー伝送とデータ伝送

パッシブ・カード・エミュレーション・モードで NFC 携帯端末などのパッシブ・システムへ伝送を行う場合、パッシブ・システムはポーリング・デバイスの 13.56MHz の搬送波信号を電源として使用します。ポーリング・デバイスの変調方式は ASK です。
NFC ピアツーピア・モードでは、どちらの方向でもポーリング・デバイスと同じように変調とコーディングが行われます。しかし、このモードではどちらの NFC デバイスもそれぞれの電源を使用し、伝送終了後は搬送波信号がオフになるため、必要なパワーは少なくなります。

リスニング・デバイスからのデータ伝送

ポーリング・デバイスとリスニング・デバイスのコイルの結合により、パッシブ・リスニング・デバイスもアクティブ･ポーリング・デバイスに影響を与えます。リスニング･デバイスのインピーダンスを変化させることにより、ポーリング・デバイスが検出するポーリング・デバイスのアンテナ電圧の振幅や位相を変化させます。この手法は負荷変調と呼ばれます。負荷変調は 848kHzの補助搬送波を使用して（ISO/IEC 14443 と同様に）リスニング・モードで行われますが、この搬送波はベースバンドによって変調され、リスニング・デバイスのインピーダンスを変化させます。負荷変調によるスペクトラムを 図 2 に示します。変調方式はASK（ISO/IEC 14443 A PICCと同様）またはBPSK（14443 B PICCと同様）です。FeliCa互換の 3 番目のパッシブ・モードも存在しますが、このモードの負荷変調は補助搬送波を使わず、13.56MHzの搬送波に対して直接ASKを行います。

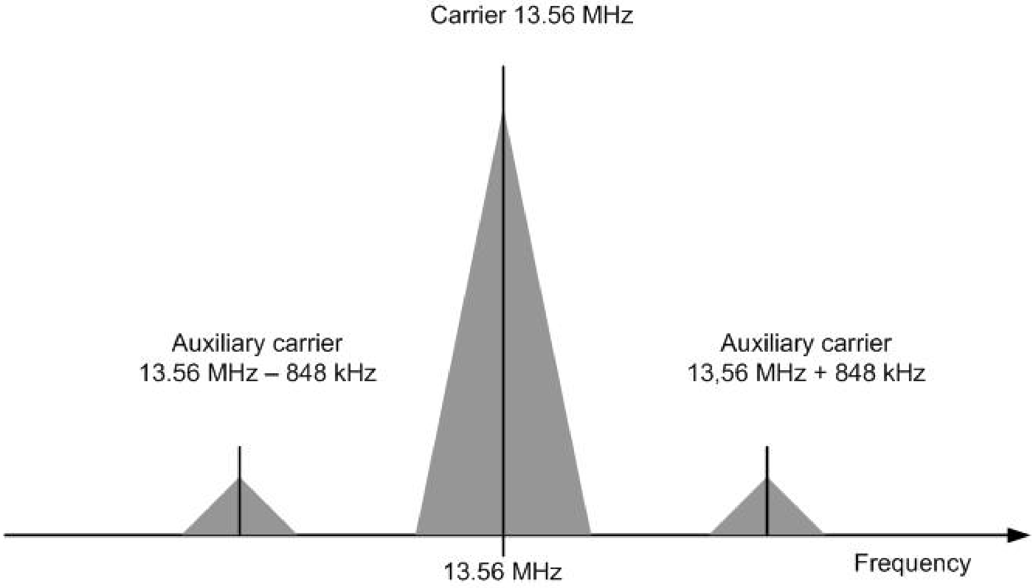


図 2：848kHz の補助搬送波を伴う 13.56MHz の負荷変調を表しています。変調信号のスペクトラムは三角形で図の中に示されています（NFC では時分割多重方式が使用されるため、搬送波と補助搬送波の変調スペクトルが同時に現れることはありません）。

変調方式とコーディング

異なる変調深度（100%または 10%）による振幅シフトキーイング（OOK）、または BPSK（ISO/IEC 14443 B PICC のものと同様）を使用します。

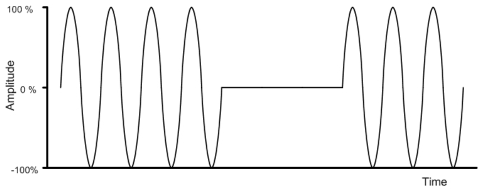


図 3：100%の変調深度による ASK

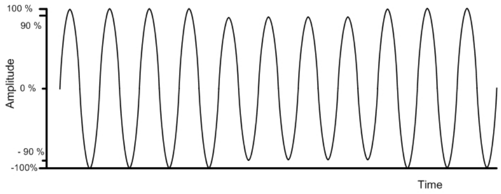


図 4：10%の変調深度による ASK

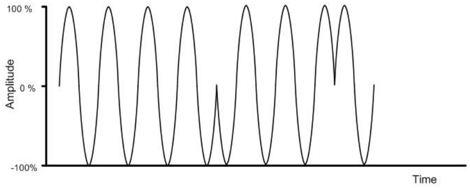


図 5：BPSK 変調

NFC では、NRZ-L、変形ミラー、およびマンチェスターの各コーディング方式が使われます。

- NRZ-L では、信号が高い状態はロジック 1 を、低い状態がロジック 0 を表します。
- マンチェスター・コーディングの場合、ロジック 1 ではビットの前半が高い状態に、後半が低い状態になります。また、ロジック 0 ではビット前半が低い状態、後半が高い状態になります。
- 変形ミラー・コーディングでは、ビット幅の前半直後に低いパルスが発生するとそのビットはロジック 1 になり、ビット開始時に低いパルスが発生するとロジック 0 になります。例外：ロジック 1 の後にロジック 0 が続く場合パルスは発生せず、信号は高い状態のままになります。

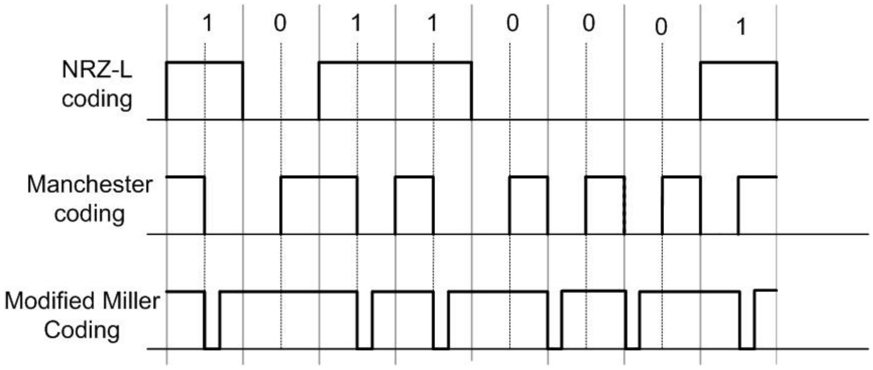


図 6：NFCによるコーディングはNRZ_L、変形ミラー、またはマンチェスターのいずれか（表 1 と 表 2 も合わせて参照）

マンチェスター・コーディングを使用したASKでの負荷変調を 図 7 に示します（パッシブ・カード・エミュレーション・モードの 14443 A PICCまたはNFC-Aデバイス、4.2 項を参照）。

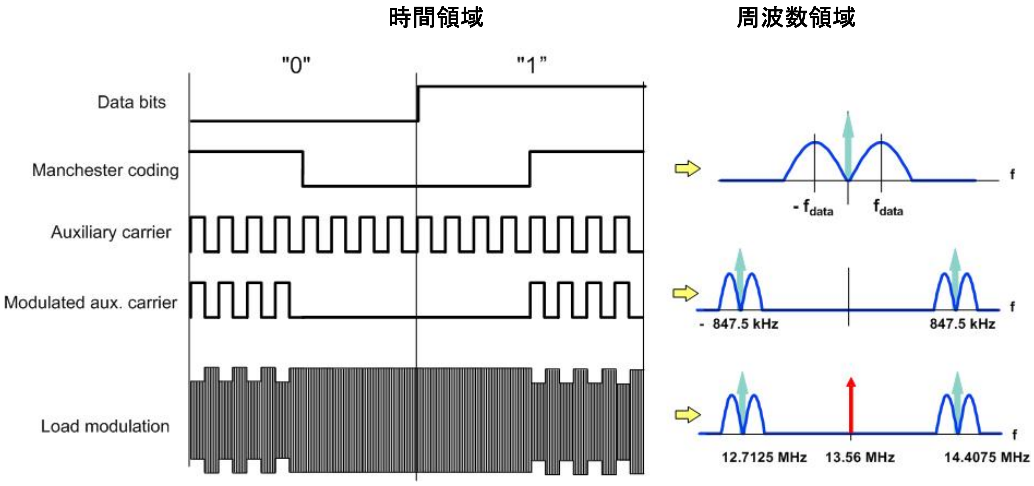


図 7：時間領域と周波数領域で表した補助搬送波使用の負荷変調 [6]

4 NFC の技術と信号

4.1 NFC規格の発展

ISO/IEC 14443 A、ISO/IEC 14443 B、および JIS X6319-4 の 3 つは、異なる企業（NXP、Infineon、およびソニー）によって推進されてきた RFID 規格です。最初の RF NFC 規格は ECMA 340 で、これは ISO/IEC 14443A および JIS X6319-4 の無線インタフェースに基づくものでした。この ECMA 340 に修正が加えられて制定されたのが、ISO/IEC 規格 18092 です。これと並行して、大手カード会社（Europay、Mastercard、Visa）が、ISO/IEC 14443 A と ISO/IEC 14443 B に基づく決済規格 EMVCo を導入しました。NFC フォーラム内では、両方のグループの無線インタフェースの共通化が図られています。これらは、NFC-A（ISO/IEC 14443 A ベース）、NFC-B（ISO/IEC 14443 B ベース）、NFC-F（FeliCa ベース）と呼ばれます。

NFC RF規格とプロトコル規格、およびそのテスト仕様の発展を 図 8 と 図 9 に示します。

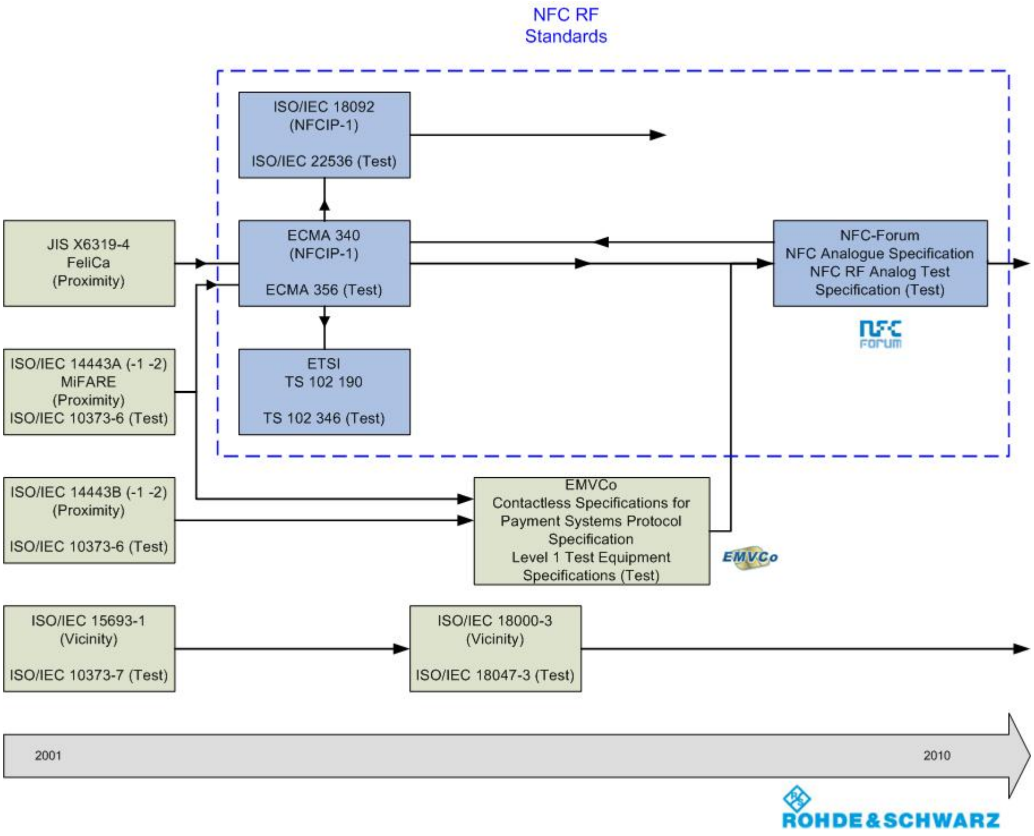


図 8：NFC RF 規格の発展

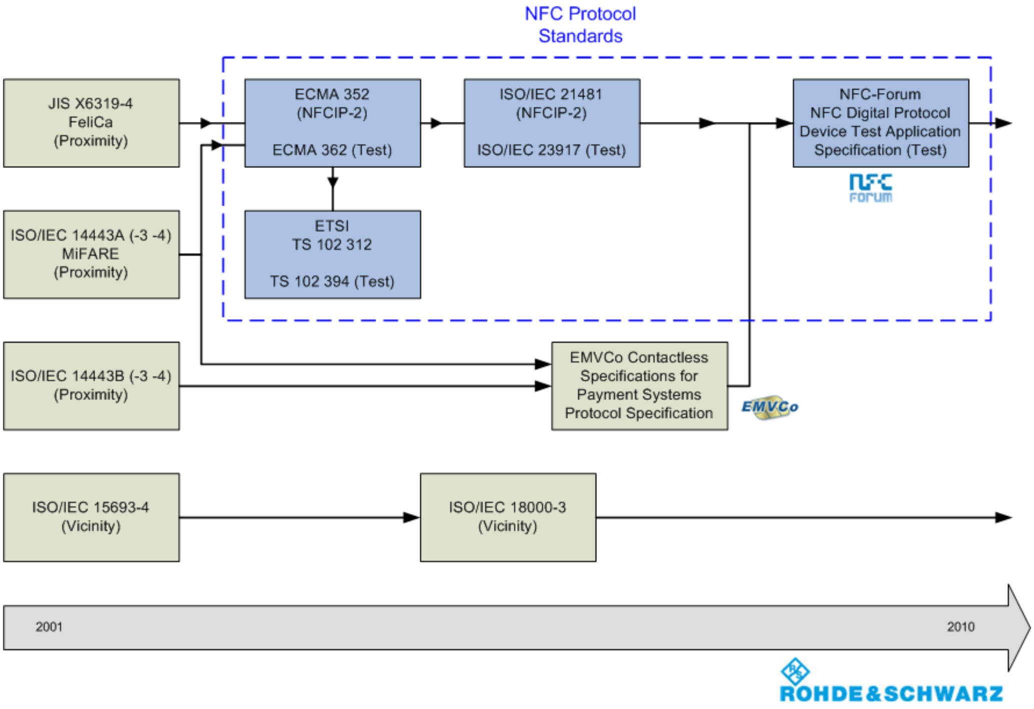


図 9：NFC プロトコル規格の発展

4.2 NFCの動作モード、変調、コーディング

NFC には 3 種類の動作モードがあります。

- カード・エミュレーション・モード（パッシブ・モード）：NFC デバイスは、従来規格に適合する既存の非接触型カードと同様に動作します。
- ピアツーピア・モード：2 台の NFC デバイスが情報を交換します。ターゲット（リスナ）は独自の電源を使用するため、イニシエータ・デバイス（ポーリング・デバイス）に必要なパワーはリーダ／ライタ・モードより少なくなります。
- リーダ／ライタ・モード（アクティブ・モード）：NFC デバイスはアクティブ・モードで動作し、従来のパッシブ・モードの RFID タグに対して読み取りと書き込みを行います。

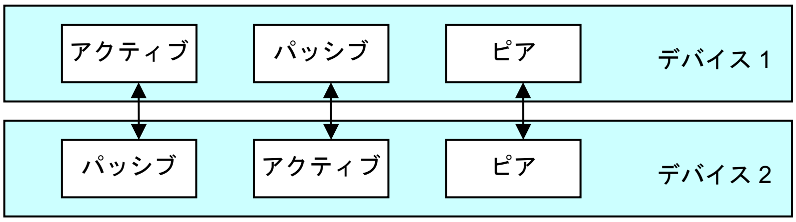


図 10：NFC 動作モード

どのモードも（カード・エミュレーション、ピアツーピア、リーダ／ライタ）、以下の伝送技術と組み合わせることができます。

NFC-A（ISO/IEC 14443 A と後方互換）
NFC-B（ISO/IEC 14443 B と後方互換）
NFC-F（JIS X 6319-4 と後方互換）

これら異なる技術のすべてに対応するために、ポーリング・モードの NFC デバイスは、最初に NFC-A、NFC-B、および NFC-F タグの要求信号を使用して、それぞれのタグからの応答を待機します。互換デバイスからの応答が得られた場合、NFC デバイスはそれに対応する通信モード（NFC-A、NFC-B、または NFC-F モード）を設定します。

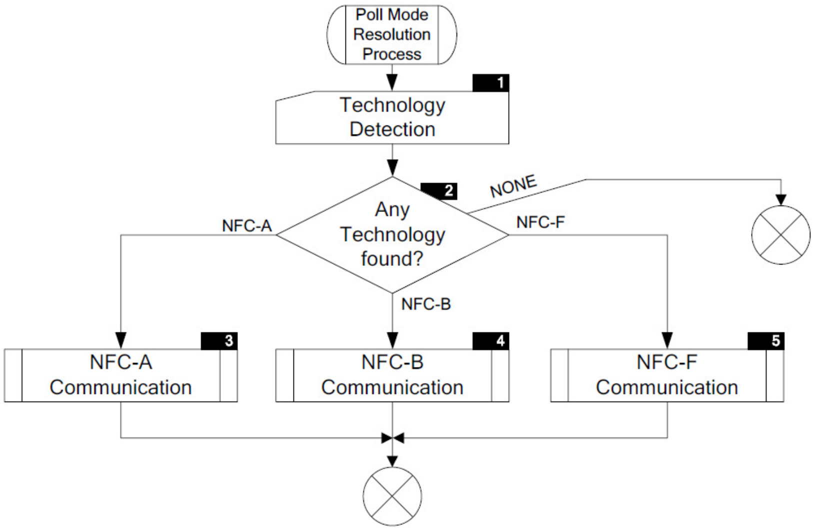


図 11：ポーリング・モードの解決プロセスのフロー・チャート - メイン・フロー[16]

コーディングと変調は、通信モードがアクティブかパッシブか、通信が NFC-A、-B、-F のいずれであるか、ビットレートがいくつかによって異なります。
NFC-A、-B、-F通信のコーディング、変調、およびデータレートの組み合わせを 表 1 に示します。

NFC 技術規格のエア・インタフェース仕様

NFC フォーラム規格	ポーリング／リスニング	コーディング	変調	データレート	搬送波周波数
NFC-A	ポーリング	変形ミラー	ASK 100%	106kb/s	13.56MHz
	リスニング	マンチェスター	負荷変調（ASK）	106kb/s	13.56MHz±848kHz 副搬送波
NFC-B	ポーリング	NRZ-L	ASK 10%	106kb/s	13.56MHz
	リスニング	NRZ-L	負荷変調（BPSK）	106kb/s	13.56MHz±848kHz 副搬送波
NFC-F	ポーリング	マンチェスター	ASK 10%	212 / 424kb/s	13.56MHz
	リスニング	マンチェスター	負荷変調（ASK）	212 / 424kb/s	13.56MHz（副搬送波なし）

表 1：NFC RF 規格の概要

4.3 NFCのタグタイプ

NFC タグはパッシブ･デバイスとして、アクティブ NFC デバイスとの通信に使用できます。NFC タグはポスターなどへの使用や、少量のデータを保存してアクティブ NFC デバイスに転送するといった分野での使用が見込まれています。タグタイプは基本的に 1 から 4 までの番号が当てられた 4 種類で、それぞれに異なるフォーマットと容量が定義されています。これらの NFC タグタイプ・フォーマットは、ISO 14443 のタイプ A と B、およびソニーの FeliCa が基本となっています。

NFC タイプの定義				
	タイプ 1	**タイプ 2**	**タイプ 3**	**タイプ 4**
ISO/IEC 規格	14443 A	14443 A	JIS 6319-4	14443 A / B
互換製品	Innovision Topaz	NXP MIFARE	Sony FeliCa	NXP DESFire、SmartMX-JCOP など
データレート	106kb/s	106kb/s	212, 424kb/s	106, 212, 424kb/s
メモリ	96 バイト、2k バイトまで拡張可能	48 バイト、2k バイトまで拡張可能	可変、最大 1M バイト	可変、最大 32k バイト
アンチコリジョン	×	○	○	○

表 2：NFC タグタイプ

5 NFC RF 測定

規格および包括的なプロトコル・テストに適合したNFCデバイス機能を保証するには、RFテストも行う必要があります。NFCアナログテスト仕様原案 [15]（NFCフォーラムにより変更されることがあります）に従い、RFテストは基準デバイス（NFCフォーラム基準リスナ、NFCフォーラム基準ポーラ）を使用して行うように定められています。これらの基準デバイスは、さまざまなアンテナサイズを持つポーリング・モードとリスニング・モードの標準的なNFCデバイスに相当するもので、確実に同等の測定値が得られるようになっています。

5.1 テスト・セットアップ

NFC フォーラムでは、NFC デバイスのリスニング・モードまたはポーリング・モードのテスト用として以下の２つのテスト・セットアップが想定されています。

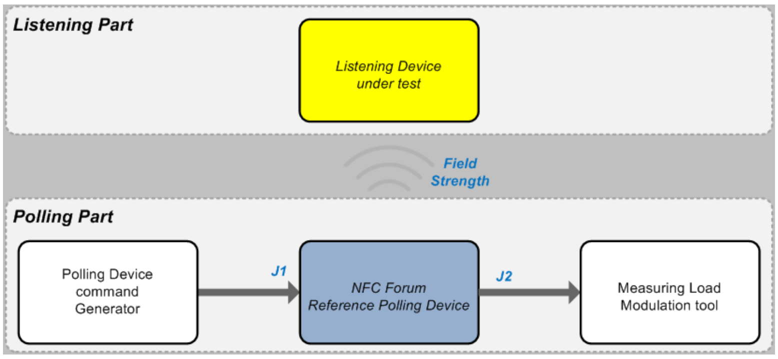


図 12：リスニング・モードのNFCデバイスをテストするための測定設定 [15]

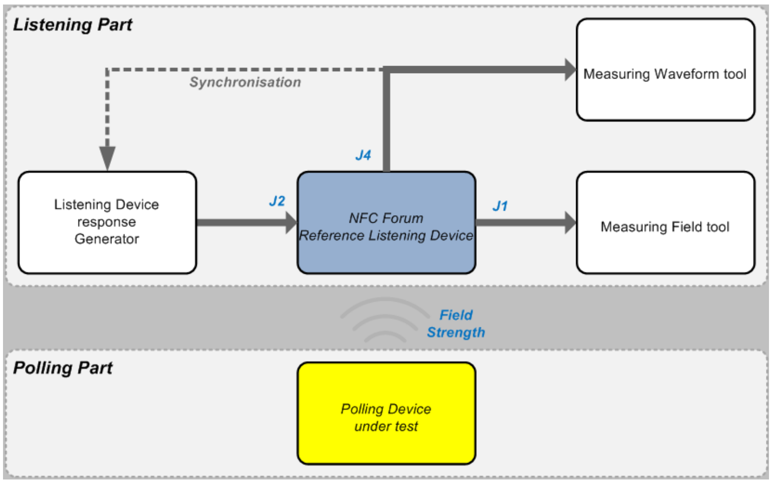


図 13：ポーリング・モードのNFCデバイスをテストするための測定設定 [15]

5.2 NFCフォーラム基準デバイス

基準ポーリング・デバイス：

NFC フォーラム基準ポーリング・デバイスを適切な信号発生器とパワーアンプに接続すると、リスニング・デバイスにコマンドが送られます。これに対するリスニング・デバイスからの応答が測定装置によって取り込まれ、分析されます。
3 つの異なるアンテナ構造を持つ NFC フォーラム基準ポーリング・デバイスは、標準 EMVCo PCD*)（Pollar-0 用）と、ISO 規格による 2 つの PICC アンテナコイル構造を補正したもの（Poller-3 と-6）が基本となっています。

*) EMVCo：Europay、Mastercard、Visaの各社 [7]、
PCD（Proximity Coupling Device）：近接型結合装置（リーダ）

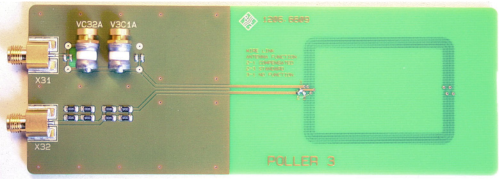


図 14：例：NFC フォーラム基準ポーラ 3 [15]

基準リスニング・デバイス：

NFC フォーラム基準リスニング・デバイスは、ポーリング・デバイスによって送られた信号を分析します。これらの信号の周波数と波形を分析するために、NFC フォーラム基準リスニング・デバイスには検知コイルが組み込まれています。
NFC フォーラム基準リスニング・デバイスは、任意波形発生器のような適切な外部信号源が生成するさまざまなレベルの負荷変調を使用して、ポーリング・デバイスに情報を送り返すこともできます。

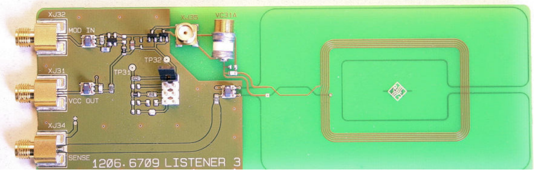


図 15：例：NFC フォーラム基準リスナ 3 [15]

ポーリング・デバイスの動作空間は、NFCデバイス間の相互運用性を確保するという目的の下に、仕様によってそのデバイスが機能することが求められている最小限の空間です。この動作空間の形状を 図 16 に示します。

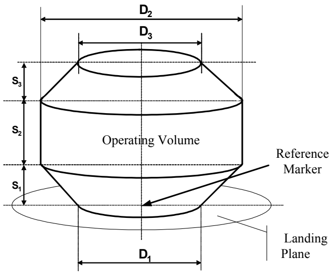


図 16：NFC動作空間は、ポーリング・モードのNFCフォーラム・デバイスが、リスニング・モードのNFCフォーラム・デバイスと通信できる空間、あるいは応答デバイスと通信できることが求められる空間として定義されます [15]。

5.3 NFCデバイスのRFテスト

NFC対応デバイスを対象としたNFCフォーラムによる型式承認のためのRFテストの内容は、NFCフォーラムのアナログテスト仕様原案 [15]に定められています。NFC対応デバイスにとって基本的かつ最も重要なRFテストは以下の通りです。

アクティブ・ポーリング・モード：

- 搬送波周波数確度の測定
- パワーレベル測定
  ポーリング･モードで必要とされるパワーが供給されていなければなりません。
- 波形特性測定
  立ち上がり時間や立ち下がり時間といったタイミング・パラメータをチェックする必要があります。
- 負荷変調感度テスト
  ポーリング・デバイスは規定された最小限のレベルの負荷変調を正しく受信できなければなりません。
- しきい値レベルテスト（テスト対象のポーリング・デバイスが一定以上の強度の外部 RF 電界にさらされた場合は、そのデバイスが自身の RF 電界をオフにできなければなりません）。

パッシブ・リスニング・モード：

- 負荷変調測定
  負荷変調の信号強度（リスナ・デバイスの応答）が、定められたリミット内になければなりません。
- 受電能力テスト
  リスニング・デバイスは、厳しい条件下でも正確に応答する必要があります。
- フレーム遅延時間（NFC-A モードのアンチコリジョンアルゴリズムで重要）
  フレーム遅延時間は、カード・エミュレーション・モードにおけるポーリング・コマンド終了時点から電話の送信開始までの応答時間です。

携帯端末が異なるモード（NFC-A、NFC-B、および NFC-F）に対応している場合は、各モードに対してこれらすべてのテストを実行します。

6 NFC 対応デバイスの測定例

6.1 テスト・セットアップ

以下では、ポーリング・モードとリスニング・モードの NFC 対応デバイスのテスト・セットアップ例をいくつか示します。

ポーリング・モードの NFC 対応デバイスのテスト・セットアップ：

ポーリング・モードの NFC 対応デバイスのテストには、NFC フォーラム基準リスナを使用します。R&S®RTO-K11 オプションを組み込んだ高性能デジタル・オシロスコープである R&S®RTO を制御する NFC 解析ソフトウェア R&S®FS-K112 を使用すれば、パワーレベル、搬送波周波数、および変調波形のテストを実施できます。パワーレベル測定は、NFC フォーラム基準リスナの Vcc 出力コネクタの高インピーダンス電圧測定によって定義します。RTO-K11 は NFC-A、NFC-B、または NFC-F ポーリング信号専用のトリガ機能を備えているので、外部トリガ・デバイスを使用する必要はありません。また、RTO-K11 は FS-K112 に詳細解析用の IQ データを提供します。R&S®FSV のような適切なシグナル・アナライザやスペクトラム・アナライザをゼロスパン・モードで使用し、これを R&S®FS-K112 解析ソフトウェアで制御すれば、搬送波周波数と変調波形の測定も行うことができます。ただし、この場合は外部トリガが必要になります。さらにスプリアス放射テストも行う場合は、スペクトラム・アナライザが必要です。
負荷変調感度のテストには、R&S®SMBV100A のような任意波形機能を持つ適切な RF 信号発生器によって、そのベースバンド I 出力を使用して、NFC デバイスが送る SEL_REQ（選択要求）に対する適切な応答信号 SENS_RES（検知応答）が生成されます。信号発生器はオシロスコープによってトリガされます。制限値までのテストを行う必要がある場合は、基準リスナの I 出力と Mod-In 入力の間に、DC 結合されたパワーアンプの組み込みが必要な場合があります。

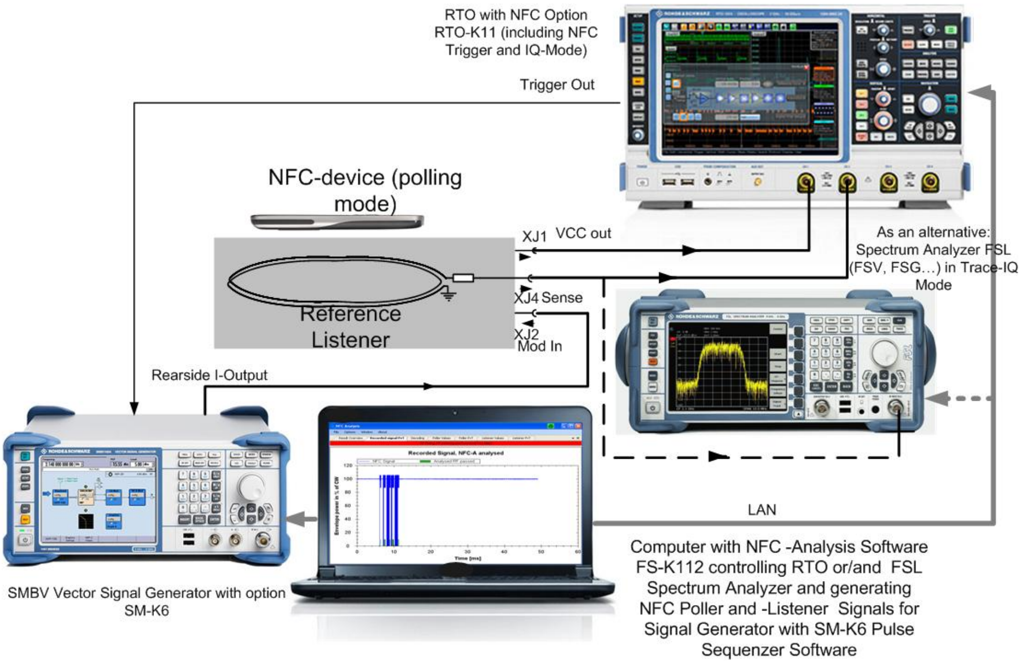


図 17：NFC フォーラム基準リスナ・デバイスを用い、R&S®RTO デジタル・オシロスコープ／R&S®FSL で搬送波周波数、パワーレベル、変調波形、負荷変調感度をテストするための、ポーリング・モードの NFC 対応携帯端末のテスト・セットアップ（簡略図）。

リスニング・モード（パッシブ・カード・エミュレーション・モード）の NFC 対応デバイスまたは NFC タグのテスト・セットアップ：

NFC 基準ポーリング・デバイスは、リスニング・モード（パッシブ・カード・エミュレーション・モード）の NFC 対応携帯端末のテストに使用します。
ポーリング信号は、R&S®SMBV100A のような任意波形機能を持つ適切な RF 信号発生器によって生成できます。パルス・シーケンサ･ソフトウェア R&S®SMx–K6 を使用することによって、SENS_REQ、SDD_REQ、SEL_REQ、Pol_REQ など、パッシブ・モードの NFC 対応デバイスの応答を促すコマンド・シーケンスを簡単に生成または修正することができ、それぞれに対応するセットアップと、すぐに使用可能な波形ファイルが用意されています。テスト対象デバイスに必要なパワーを供給するには、パワーアンプが必要になることがあります。

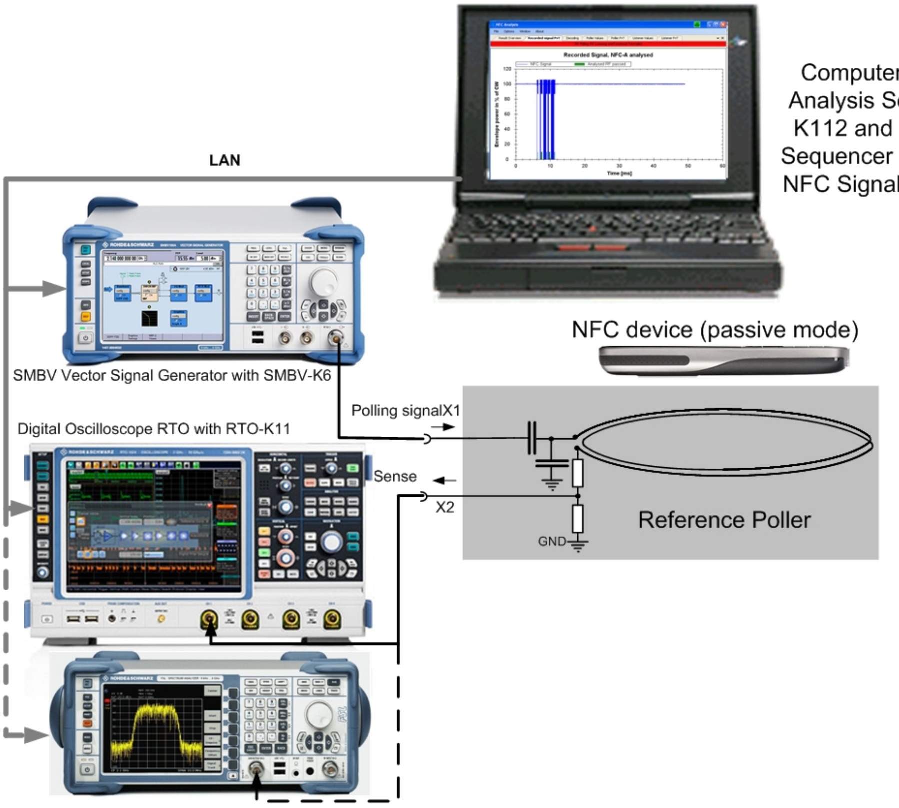


図 18：NFC フォーラム基準ポーリング・デバイスを用い、R&S®RTO デジタル・オシロスコープで負荷変調やフレーム遅延時間（FDT）などをテストするための、パッシブ・モード（カード・エミュレーション・モード）の NFC 対応携帯端末のテスト・セットアップ R&S®SMBV100A ベクトル信号発生器がテスト対象デバイス（NFC 対応携帯端末）に対してポーリング信号を発信し、NFC フォーラム基準ポーラを使用してその信号を測定します。

6.2 R&S®FS-K112 NFC解析ソフトウェアとR&S®RTOデジタル・オシロスコープを使用した測定結果

次の項では、NFC 対応携帯端末に関する測定結果をいくつかご紹介します。これらの測定結果から、R&S®RTO–K11 IQ ソフトウェア・インタフェースが組み込まれた R&S®RTO デジタル・オシロスコープ（または R&S®FSV シグナル・アナライザ)を制御する NFC 解析ソフトウェア R&S®FS-K112 の機能を理解することができます。必要な入力信号は、R&S®SMBV-K6 を組み込んだ R&S®SMBV ベクトル信号発生器によって生成され、RF 出力またはベースバンド出力から出力されます。NFC 信号は、R&S®パルス･シーケンサ・ソフトウェアで生成して、R&S®SMBV の ARB メモリにロードできます。

ポーリング・モードのパワーレベルと搬送波周波数のテスト

ポーリング・モードのNFC対応携帯端末のパワー測定と、これと並行して行った搬送波周波数測定の結果を図 19 に示します。これらの測定は、R&S®RTOデジタル・オシロスコープでNFCフォーラム基準デバイスを使用し、図 17 のテスト・セットアップで行ったものです。

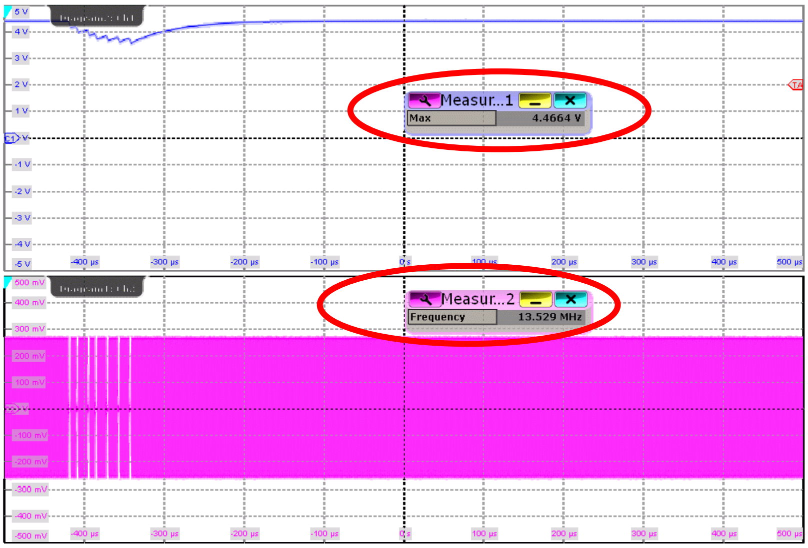


図 19：R&S®RTO デジタル・オシロスコープを使用して行ったポーリング・モードの NFC 対応デバイスのパワー測定（上側トレース）と、これと並行して行った搬送波周波数測定（下側トレース）の例。

R&S®FS-K112 による NFC 信号解析

R&S®RTOデジタル・オシロスコープを制御するR&S®FS-K112 NFC解析ソフトウェアを使用して行ったNFC-Aシーケンス（SENS_REQ、SENS_RES、SDD REQ CL1）の解析例を 図 20 に示します。R&S®FS-K112 のデフォルト・ディスプレイは、「Result Overview」ディスプレイ（左上のスクリーン）、「Capture Buffer」ディスプレイ（右上のスクリーン）、およびコマンド・デコーディングやデコードされたビットが表示される「Decoding」ディスプレイ（下側のスクリーン）で構成されています。

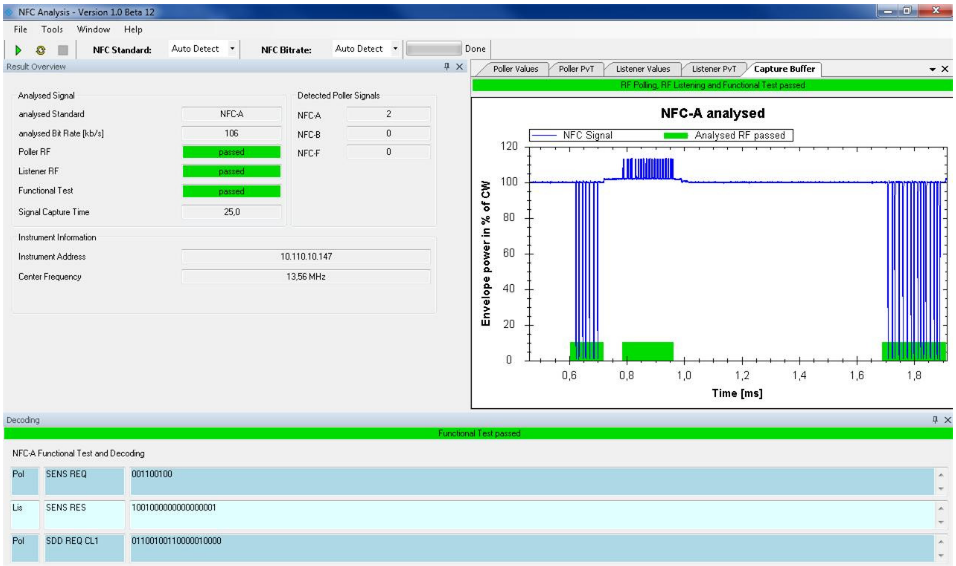


図 20：R&S®FS-K112 NFC 解析ソフトウェアによる NFC-A シーケンスの表示例（概要、キャプチャ・バッファ、デコーディング）

t1、t2、t3、t4、t5、オーバーシュート、アンダーシュート、変調度など、解析されたNFC-Aポーラ信号（SENS_REQ）の測定されたタイミング・パラメータは、「Poller Values」タブを選択すると表示されます（図 21）。

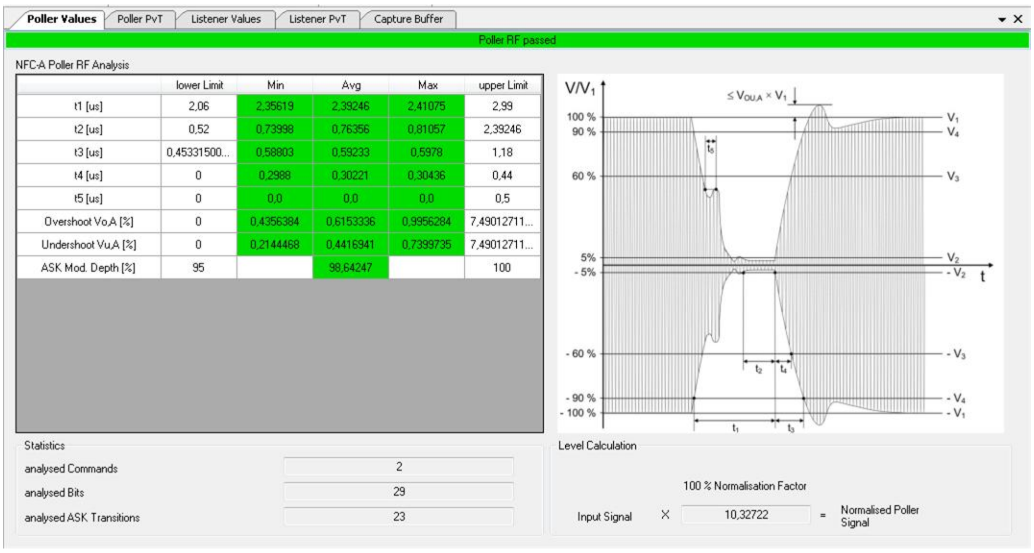


図 21：「Pollar Values」タブを選択して、NFC-A ポーラ信号の測定されたタイミング・パラメータを表示

「Poller PvT」タブを選択すると、解析したNFC-Aポーラ信号の波形の詳細が表示され、詳しい解析を行うことができます。ポーラ波形の平均トレース、最小トレース、最大トレースは、それぞれ別の色で表示されます（図 22）。

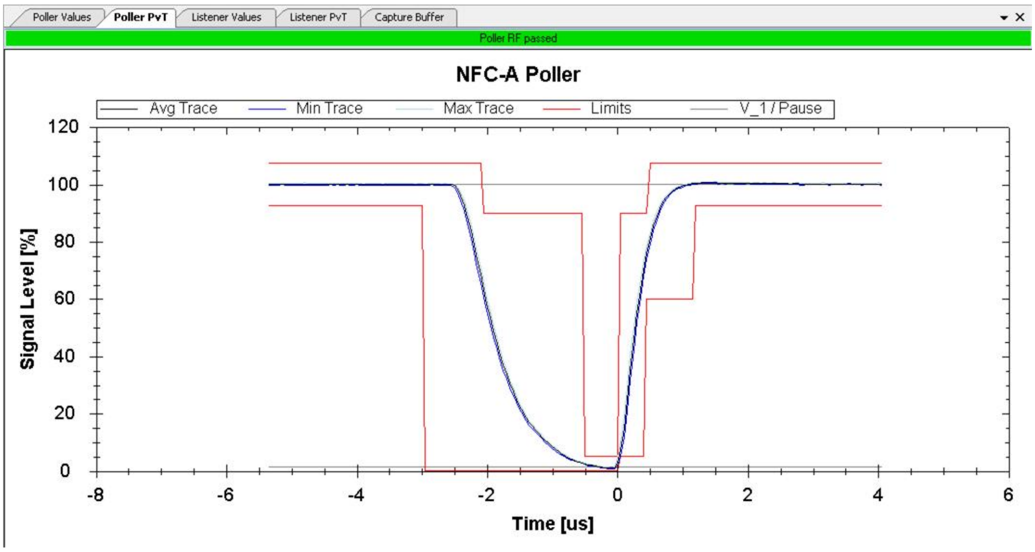
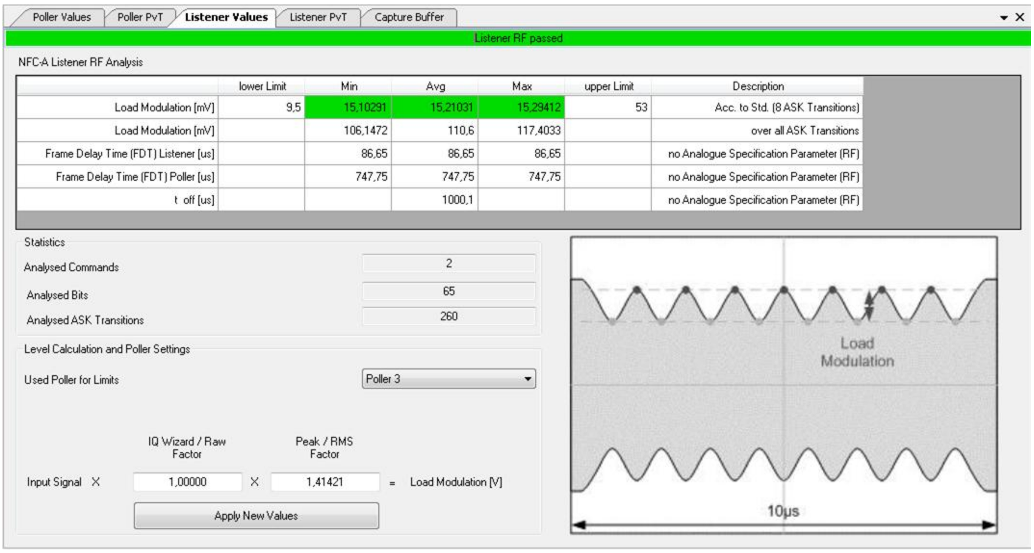


図 22：「Poller Values」タブを選択してポーラ信号の詳細波形を表示

NFCにおける負荷変調は、13.56MHzポーリング信号の包絡線の平均最大値と平均最小値の差として定義されます。これは、「Listener Values」タブを選択すると表示されます。さらに、フレーム遅延時間も表示されます（図 23）。



	lower Limit	Min	Avg	Max	upper Limit	Description
Load Modulation [mV]	9,5	15,10291	15,21031	15,29412	53	Acc. to Std. (8 ASK Transitions)
Load Modulation [mV]		106,1472	110,6	117,4033		over all ASK Transitions
Frame Delay Time (FDT) Listener [us]		86,65	86,65	86,65		no Analogue Specification Parameter (RF)
Frame Delay Time (FDT) Poller [us]		747,75	747,75	747,75		no Analogue Specification Parameter (RF)
t off [us]			1000,1			no Analogue Specification Parameter (RF)

図 23：「Listener Values」タブを選択して負荷変調を表示

「Listener PvT」タブを選択すると、負荷変調の包絡線電圧が表示されます。表示されるのは最小トレース、最大トレース、および平均トレースで、図 24 の左半分には 1 ビット（副搬送波 8 サイクル）分のトレースが、右半分には副搬送波 1 サイクルのトレースが表示されています。

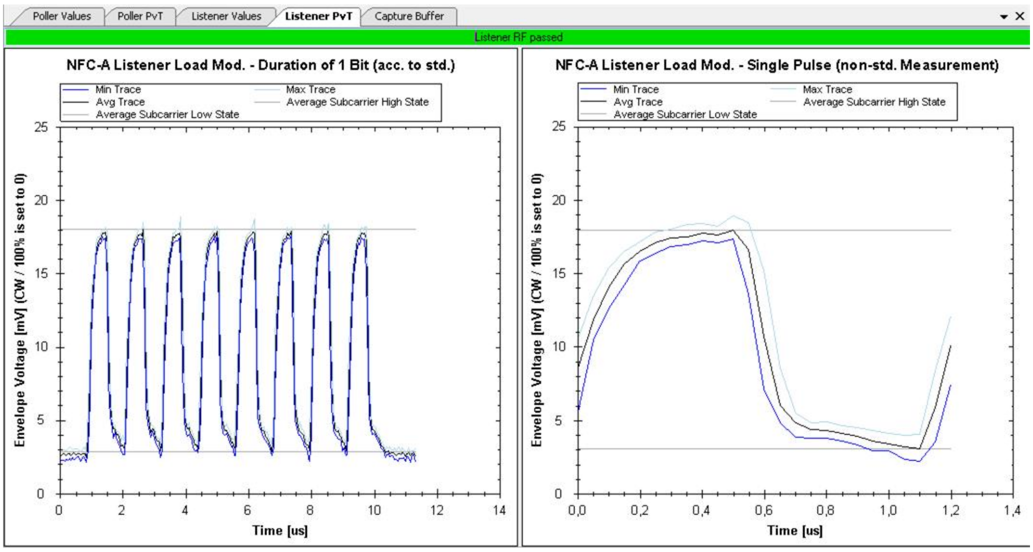


図 24：「Listener PvT」タブを選択してとリスナ信号と時間を表示

NFC解析ソフトウェアは、NFC-A、NFC-B、NFC-Fのポーラ信号とリスナ信号を解析します。図 25 は、NFC-A、-B、-F212kb/s、-F424kb/sの連続ポーリングです。「NFC Standard」を「auto」にすると、キャプチャ・バッファ（右上のディスプレイ）の最初のポーリング信号（この例ではNFC-A）が解析されます。ただし、図 25 ではビットレート 212kb/sのNFC-Fが選択されており、ソフトウェアはそれに応じてキャプチャ・バッファ・ディスプレイの 3 番目の信号を解析しています。

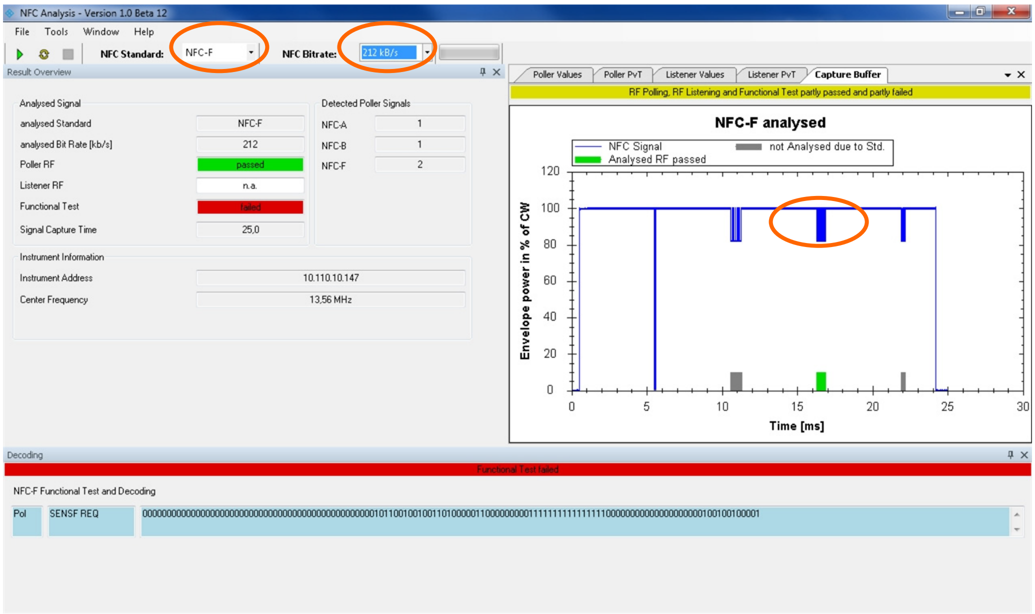


図 25：連続 NFC ポーリング信号の記録シーケンス（順番に NFC-A、NFC-B、NFC-F 2121kb/s、NFC-F 424kb/s 信号）。詳細解析されているのは NFC-F 212kb/s 信号（SENSF_REQ）で、その他の信号も同じ測定 IQ データを使用して解析できます。

解析したNFC-Fポーラ信号（SENSF_REQ）のタイミング・パラメータの例を 図 26 に示します。

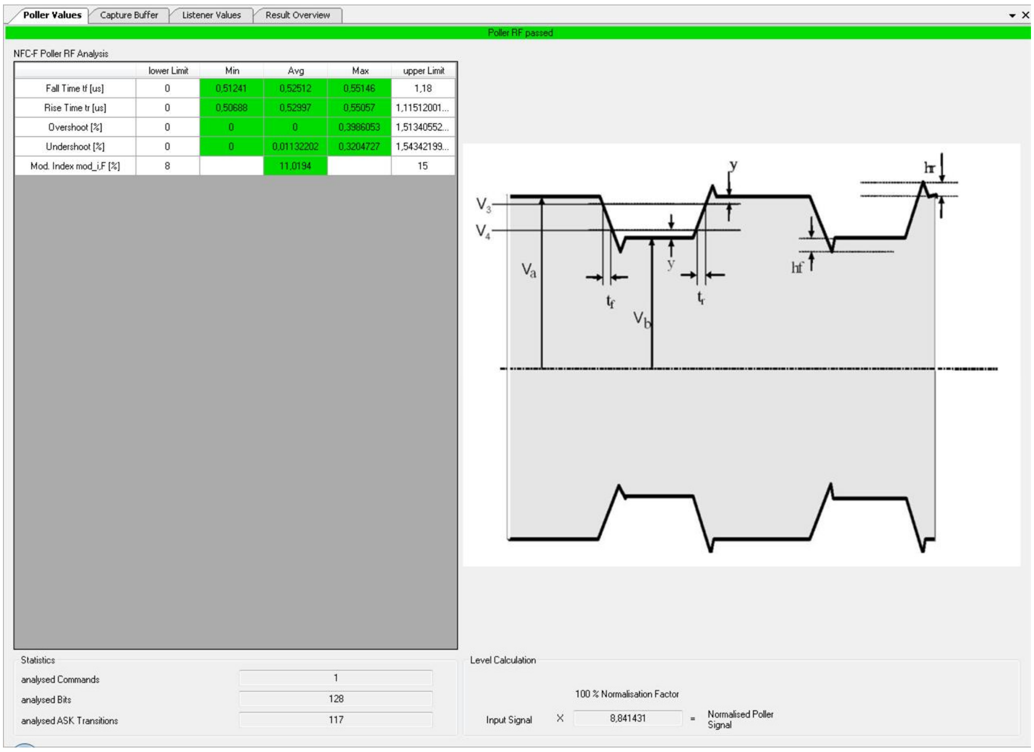


図 26： 「Poller Values」タブを選択してNFC-F ポーラ信号のタイミング・パラメータ（立下り時間 t_f、立上り時間 t_r、オーバーシュート、アンダーシュート、および変調指数）を表示。

7 略語

略語	
略語	**意味**
ASK	Amplitude Shift Keying（振幅シフトキーイング）
BPSK	Binary Phase Shift Keying（二位相変位変調）
NRZ-L	Non-Return to Zero（非ゼロ復帰、L はレベル）
OOK	On-Off-Keying（オンオフ・キーイング）
ISO	International Organization for Standardization（国際標準化機構）
IEC	International Electrotechnical Commission（国際電気標準会議）
ECMA	ヨーロッパ情報通信システム標準化協会
EMVCo	Europay, Mastercard, Visa Companies（ユーロペイ、マスターカード、ビザの各社）。 EMVCo は、POS システムや ATM を含むチップベースの決済カードと入金装置に関する EMV® IC カード仕様（EMV® Integrated Circuit Card Specifications）の管理、維持、改善を行っています。現在、EMVCo は American Express、JCB、MasterCard、および Visa で利用されています。
JIS	Japanese Industrial Standard（日本工業規格）
NFC	Near Field Communication（近距離無線通信）
NFC-A	Near Field Communication（近距離無線通信）－NFC-A 技術
NFC-B	Near Field Communication（近距離無線通信）－NFC-B 技術
NFC-F	Near Field Communication（近距離無線通信）－NFC-F 技術
NFCIP-1	Near Field Communication Interface and Protocol according to *[NFCIP-1]*（[NFCIP-1]による近距離無線通信インタフェースおよびプロトコル）。 NFC ピアモードの固有プロトコル。
NDEF	NFC Data Exchange Format（NFC データ交換フォーマット）
PCD	Proximity Coupling Device（近接結合装置、リーダ）
PICC	Proximity Integrated Circuit Card（近接型 IC カード）

8 参考文献

[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 ForumTM (Subject to change by the NFC Forum)
[16] NFCForum-CS-Device Test Application 1.1

ローデ・シュワルツについて
ローデ・シュワルツ・グループ（本社：ドイツ・ミュンヘン）は、エレクトロニクス分野に特化し、電子計測、放送、無線通信の監視・探知および高品質な通信システムなどで世界をリードしています。
75 年以上前に創業し、世界 70 カ国以上で販売と保守・修理を展開している会社です。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社
本社／東京オフィス
〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1
住友不動産西新宿ビル 27 階
TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

神奈川オフィス
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-8-12
Attend on Tower 16 階
TEL:045-477-3570 (代) FAX:045-471-7678

大阪オフィス
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-20
TEK 第 2 ビル 8 階
TEL:06-6310-9651 (代) FAX:06-6330-9651

サービスセンター
〒330-0075 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷 4-2-11
さくら浦和ビル 4 階
TEL:048-829-8061 FAX:048-822-3156

E-mail: info.rsjp@rohde-schwarz.com
http://www.rohde-schwarz.co.jp/

Certified Quality System
ISO 9001
DQS REG. NO 1954 QM

Certified Environmental System
ISO 14001
DQS REG. NO 1954 UM

このアプリケーションノートと付属のプログラムは、ローデ・シュワルツのウェブサイトのダウンロード・エリアに記載されている諸条件に従ってのみ使用することができます。
掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。
おことわりなしに掲載内容の一部を変更させていただくことがあります。あらかじめご了承ください。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社
〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1 住友不動産西新宿ビル 27 階
TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

www.rohde-schwarz.co.jp