

Технология NFC и проведение испытаний беспроводной связи ближнего действия

Официальное описание

NFC (Near Field Communication) – это новая стандартизованная технология беспроводной связи малого радиуса действия, использующая индуктивную связь для обмена данными между находящимися в непосредственной близости электронными устройствами. Основанная на технологии RFID (Radio Frequency Identification – радиочастотная идентификация) NFC предлагает средство для протоколов идентификации, обеспечивающее защищенный обмен данными. Технология NFC позволяет пользователям осуществлять простые, безопасные, бесконтактные транзакции, получать доступ к цифровому контенту и осуществлять обмен информацией между устройствами, просто поднося их друг к другу. В данном официальном описании содержится обзор технологии NFC, вариантов ее применения и радиотехнических измерений параметров NFC-устройств.

Содержание

1	Введение	3
2	Варианты применения технологии NFC	4
3	Основы передачи данных в NFC	5
4	Технология и сигналы NFC	8
4.1	Развитие стандартов NFC.....	8
4.2	Режимы работы, модуляция и кодирование в NFC	10
4.3	Типы меток в NFC	12
5	Радиотехнические измерения в NFC	13
5.1	Схемы измерений	13
5.2	Эталонные устройства NFC Forum.....	14
5.3	Радиотехнические испытания NFC-устройств.....	15
	Сокращения	16
6	Литература	17

1 Введение

NFC (Near Field Communication) – это новая технология беспроводной связи малого радиуса действия, объединившая в себе существующие бесконтактные методы идентификации и взаимосвязи. Это совместная разработка компаний Sony и NXP Semiconductors (некогда Philips).

Технология NFC разработана для обмена различными типами информации, такими как номера телефонов, изображения, файлы формата MP3 или данными цифровой авторизации между двумя устройствами с поддержкой NFC, например, мобильными телефонами, или между NFC-телефонами и совместимыми RFID чип-картами или считывающими устройствами, расположенными в непосредственной близости друг от друга. Технология NFC может быть использована в качестве ключа доступа к контенту и для таких сервисов, как оплата по безналичному расчету, оплата билетов и контроль доступа.

Технология NFC функционирует в частотном диапазоне с центральной частотой 13,56 МГц и обеспечивает передачу данных со скоростью до 424 кбит/с на расстоянии приблизительно 10 сантиметров. В отличие от обычных бесконтактных технологий в данном частотном диапазоне (позволяющих осуществлять только активно-пассивную связь), обмен данными между NFC-устройствами может быть как активно-активным (одноранговым), так и активно-пассивным, поэтому в стандарте NFC прослеживаются тесные связи с миром радиочастотной идентификации (RFID). Технология NFC обратно совместима с широко используемой инфраструктурой смарт-карт, основанной на стандартах ISO/IEC 14443 A (например, с технологией MIFARE компании NXP) и ISO/IEC 14443 B, так же как и с картами FeliCa компании Sony (JIS X 6319-4). Для обмена информацией между двумя NFC-устройствами был разработан новый протокол, определяемый стандартами ECMA-340 и ISO/IEC 18092. В 2004 году для согласования NFC-методов и стимуляции их развития компаниями NXP, Sony и Nokia была основана ассоциация NFC Forum. Ассоциация разработала технические требования, обеспечивающие функциональную совместимость NFC-устройств и сервисов. В них включены все упомянутые выше стандарты (ISO/IEC 14443 A, B, ISO/IEC 18092 и JIS X 6319-4/FeliCa). Начиная с декабря 2010 года, ассоциация NFC Forum проводит сертификацию NFC-устройств.

Для обеспечения совместимости между мобильными телефонами и RFID чип-картами различных производителей требуется проведение тестирования цифровых протоколов и проведения радиотехнических измерений NFC-устройств. Радиотехнические измерения включают в себя измерения временных параметров, уровня сигнала в режиме опроса, несущей частоты, приемной чувствительности в режиме опроса, а также измерение параметров нагрузочной модуляции (уровень сигнала приемного устройства).

2 Варианты применения технологии NFC

Существует множество вариантов применения технологии NFC. Особым преимуществом NFC является простота использования. Для начала работы необходимо лишь поднести устройства друг к другу. Вот несколько типичных вариантов использования технологии:

- Мобильные платежи
 - Оплачивать с помощью NFC-телефонов билеты или такси
 - Расплачиваться с помощью NFC-телефонов в бесконтактных терминалах продаж
 - Хранить ваучеры на NFC-телефонах
- На NFC-телефонах разрешены идентификация, управление доступом, хранение электронных ключей
 - Безопасный доступ в здания
 - Безопасный доступ к ПК
 - Разблокировка автомобильной двери
 - Управление домашним офисом одним прикосновением NFC-телефона
- Передача данных между различными NFC-приборами (одноранговый обмен данными), например, NFC-смартфонами, цифровыми камерами, ноутбуками и т.п.
 - Обмен электронными бизнес-картами
 - Распечатка фотографий посредством поднесения камеры к принтеру
- Активация других услуг (например, установление другой беспроводной связи для обмена данными)
 - Настройки соединений Bluetooth и WLAN
- Доступ к цифровой информации
 - Считывание расписаний со смарт-постеров на NFC-телефон
 - Загрузка карт со смарт-постеров на NFC-телефон
 - Регистрация координат, например, парковок в NFC-телефоне
- Покупка билетов
 - Хранение билетов в театр / цирк / мероприятие на NFC-телефоне

3 Основы передачи данных в NFC

Аналогично стандартам RFID 14443 и FeliCa технология NFC использует индуктивную связь. Подобно трансформаторам, ближнее магнитное поле двух витков проводников используется для связи опрашивающего устройства (инициатора) и приемного устройства (адресата).

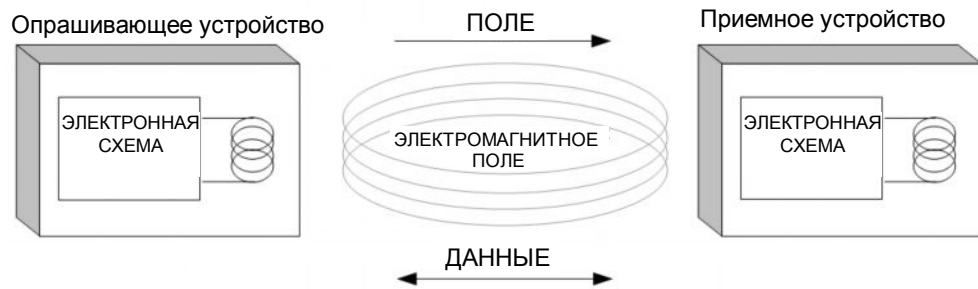


Рисунок 1 – Схема взаимодействия опрашивающего (инициатора) и приемного (адресата) устройств [15]

Рабочая частота составляет 13,56 МГц, а скорость передачи данных равна 106 кбит/с (иногда 212 кбит/с и 424 кбит/с). В качестве схем модуляции используется амплитудная манипуляция (ООК) с различными коэффициентами модуляции (100% или 10%) и двоичная фазовая манипуляция (BPSK).

Передача мощности и данных от опрашивающего устройства

При передаче данных пассивной системе, например, NFC-телефону в режиме эмуляции карты, в качестве источника питания пассивной системы используется сигнал опрашивающего устройства с частотой несущей 13,56 МГц. В качестве схемы модуляции в опрашивающем устройстве используется амплитудная манипуляция (ASK). Для режима одноранговой передачи данных оба направления передачи модулируются и кодируются как опрашивающее устройство. Однако в данном режиме требуется меньше мощности, так как каждое из NFC-устройств использует свой собственный источник питания и после окончания передачи сигнал несущей снимается.

Передача данных от приемного устройства

Из-за индуктивной связи витков опрашивающего и приемного устройств, пассивное приемное устройство оказывает влияние на активное опрашивающее устройство. Изменения импеданса приемного устройства вызывают амплитудные или фазовые изменения в напряжении антенны опрашивающего устройства. Данный метод модуляции носит название нагрузочной модуляции. Он реализован в режиме приема (как в ISO/IEC 14443) с использованием вспомогательной несущей на частоте 848 кГц, которая модулируется полосовым сигналом и приводит к изменению импеданса приемного устройства. На рисунке 2 показан спектр нагрузочной модуляции. В качестве схемы модуляции используется амплитудная манипуляция (как в смарт-картах ISO/IEC 14443 A) или двоичная фазовая манипуляция (как в смарт-картах 14443 B). Существует и третий пассивный режим, совместимый с картами FeliCa, в котором метод нагрузочной модуляции реализован без использования вспомогательных несущих непосредственно на несущей частоте 13,56 МГц, подобно амплитудной манипуляции.

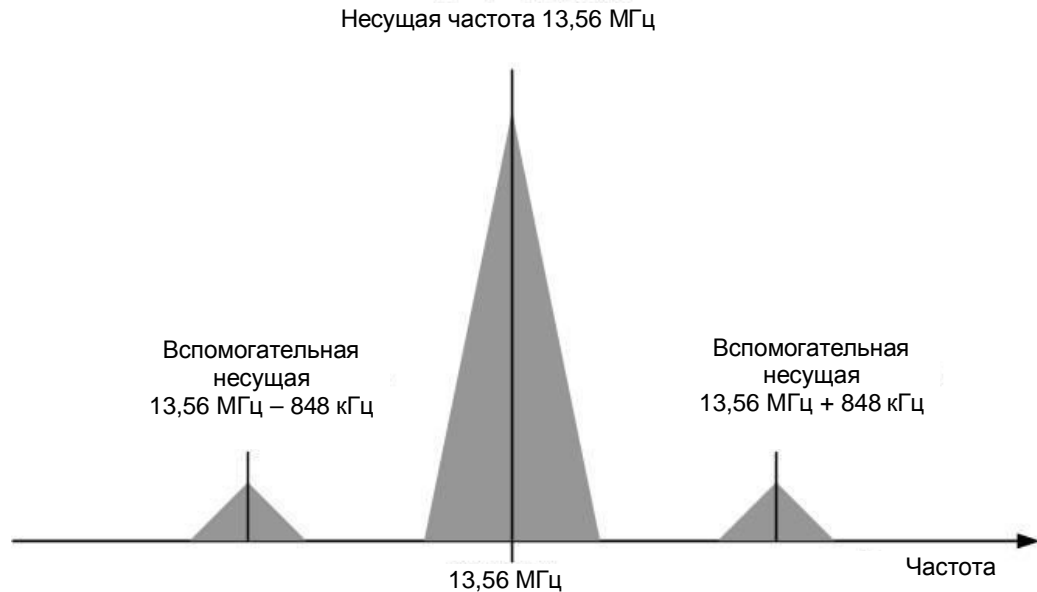


Рисунок 2 – Нагрузочная модуляция на несущей частоте 13,56 МГц с использованием вспомогательной несущей на частоте 848 кГц. Спектры модуляции на несущей частоте и вспомогательных несущих частотах показаны в виде треугольников (одновременное присутствие спектров модуляции на несущей частоте и вспомогательных несущих частотах исключается благодаря использованию мультиплексирования с временным разделением в стандарте NFC).

Схемы модуляции и кодирования

В качестве схем модуляции используется амплитудная манипуляция (OOK) с различными коэффициентами модуляции (100% или 10%) и двоичная фазовая манипуляция (как в смарт-картах стандарта ISO/IEC 14443 B).

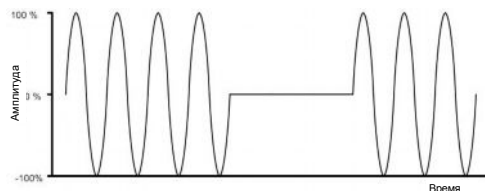


Рисунок 3 – Амплитудная манипуляция (ASK) со 100% коэффициентом модуляции

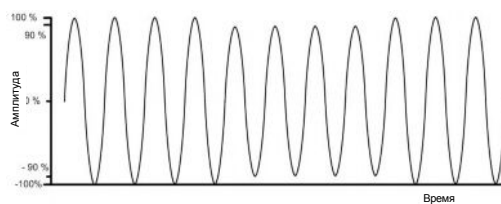


Рисунок 4 – Амплитудная манипуляция (ASK) с 10% коэффициентом модуляции

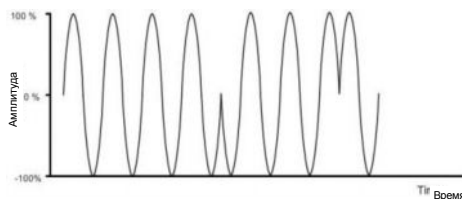


Рисунок 5 – Двоичная фазовая манипуляция (BPSK)

В технологии NFC используется двоичная схема кодирования с инверсией уровня контрольного параметра (NRZ-L), манчестерский код и модифицированный код Миллера.

- При схеме кодирования NRZ-L высокий уровень сигнала на протяжении битового интервала означает логическую "1", а низкий уровень – логический "0".
- При кодировании манчестерским кодом первая половина битового интервала для логической "1" устанавливается в высокий уровень, а вторая половина – в низкий уровень. Для логического "0", первая половина битового интервала устанавливается в низкий уровень, а вторая половина – в высокий уровень.
- При кодировании модифицированным кодом Миллера для логической "1" импульс низкого уровня появляется на середине битового интервала, для логического "0" – в начале битового интервала. Исключение: если за логической "1" следует логический "0", уровень сигнала не изменяется.

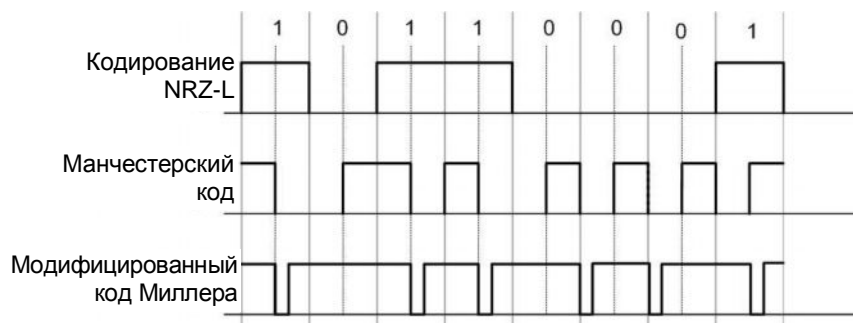


Рисунок 6 – В технологии NFC используются схемы кодирования NRZ-L, модифицированный код Миллера или манчестерский код (см. также таблицу 1 и таблицу 2)

На рисунке 7 показана нагрузочная модуляция для амплитудной манипуляции с манчестерским кодом (смарт-карта 14443 А или NFC-A-устройство в пассивном режиме эмуляции карты, см. п. 4.2).

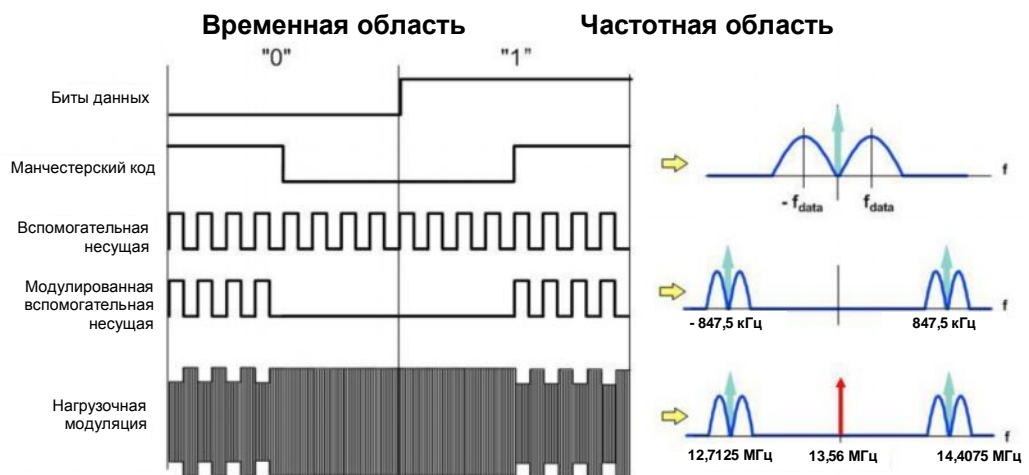


Рисунок 7 – Нагрузочная модуляция с вспомогательной несущей в частотной и временной областях [6]

4 Технология и сигналы NFC

4.1 Развитие стандартов NFC

Различными компаниями (NXP, Infineon и Sony) были рекомендованы три стандарта радиочастотной идентификации: ISO/IEC 14443 A, ISO/IEC 14443 B и JIS X6319-4. Первым радиочастотным стандартом NFC был ECMA 340, основанный на радиоинтерфейсе стандартов ISO/IEC 14443A и JIS X6319-4. ECMA 340 был принят как стандарт ISO/IEC 18092. Примерно в то же время три основные компании по выпуску кредитных карт (Europay, Mastercard, Visa) представили платежный стандарт EMVCo, основанный на ISO/IEC 14443 A и ISO/IEC 14443 B. Работая в ассоциации NFC Forum, обе группы компаний согласовали радиоинтерфейсы, которые были названы NFC-A (на основе ISO/IEC 14443 A), NFC-B (на основе ISO/IEC 14443 B) и NFC-F (на основе FeliCa)

Развитие радиочастотных стандартов и стандартов протокола NFC со спецификацией испытаний показано на рисунках 8 и 9.

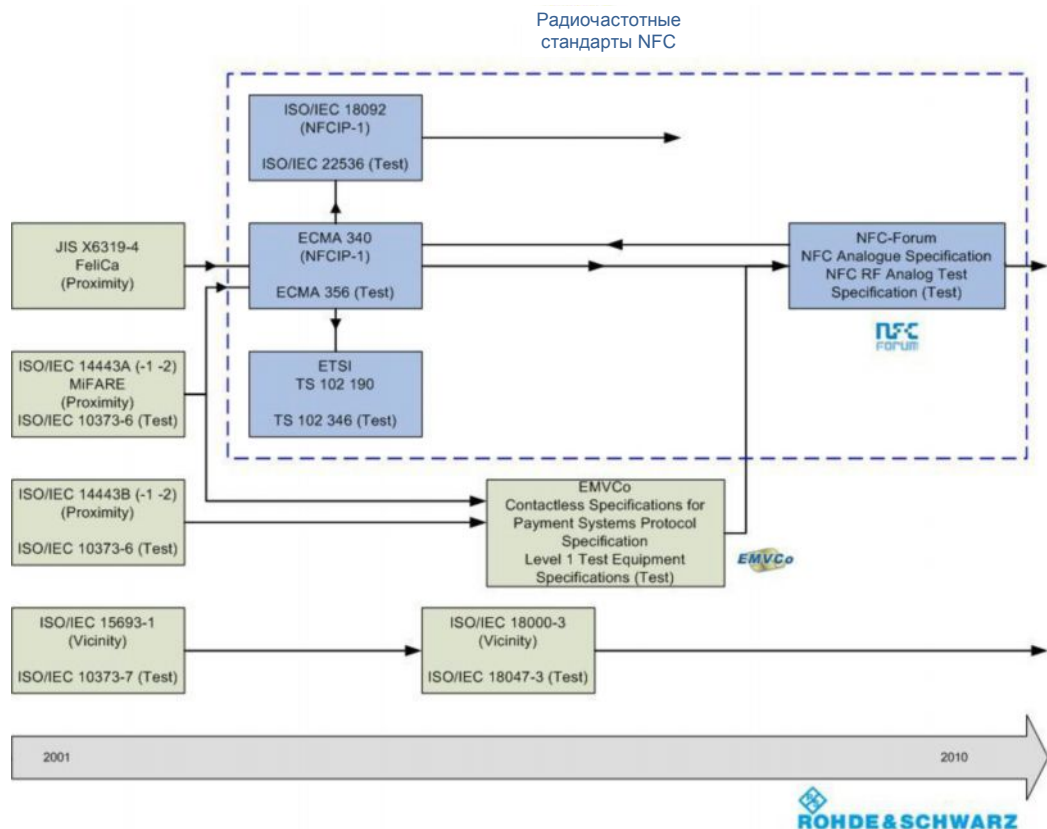


Рисунок 8 – Развитие радиочастотных стандартов NFC

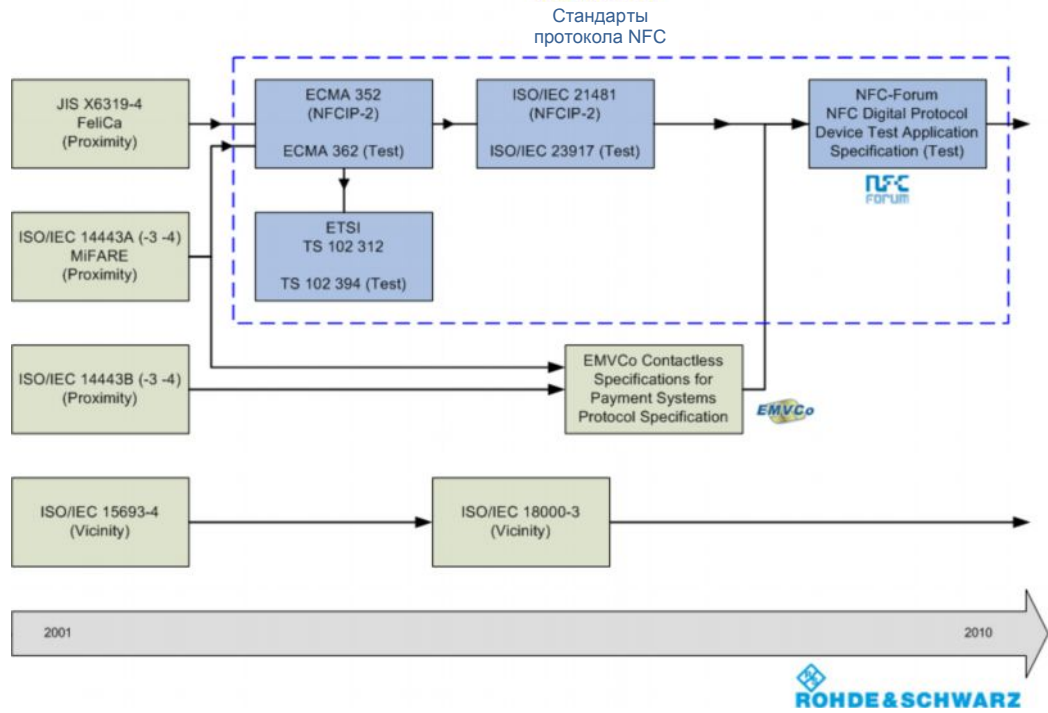


Рисунок 9 – Развитие стандартов протокола NFC

4.2 Режимы работы, модуляция и кодирование в NFC

В технологии NFC поддерживаются три основных режима работы:

- Режим эмуляции карты (пассивный режим): NFC-устройство работает как обычная бесконтактная карта в соответствии с одним из совместимых стандартов
- Одноранговый режим: обмен информацией между двумя NFC-устройствами. Инициатор (опрашивающее устройство) потребляет меньше энергии по сравнению с режимом чтения/записи, так как в данном случае адресат (приемное устройство) использует свой собственный источник питания.
- Режим чтения/записи (активный режим): NFC-устройство является активным и производит чтение или запись в пассивную совместимую RFID-метку.

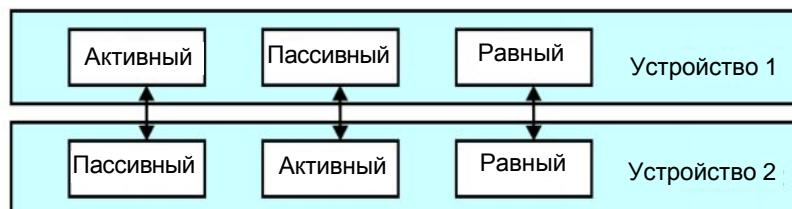


Рисунок 10 – Режимы работы NFC

Каждый режим работы (эмуляция карты, одноранговый, режим чтения/записи) можно объединить с одной из следующих технологий передачи:

- NFC-A (обратно совместима с ISO/IEC 14443 A)
- NFC-B (обратно совместима с ISO/IEC 14443 B)
- NFC-F (обратно совместима с JIS X 6319-4)

Чтобы обеспечить поддержку различных технологий, NFC-устройство в режиме опроса сначала посылает соответствующий сигнал запроса и ждет ответ от NFC-A, NFC-B и NFC-F меток. После получения ответа от совместимого устройства NFC-устройство устанавливает соответствующий режим связи (режим NFC-A, NFC-B или NFC-F).

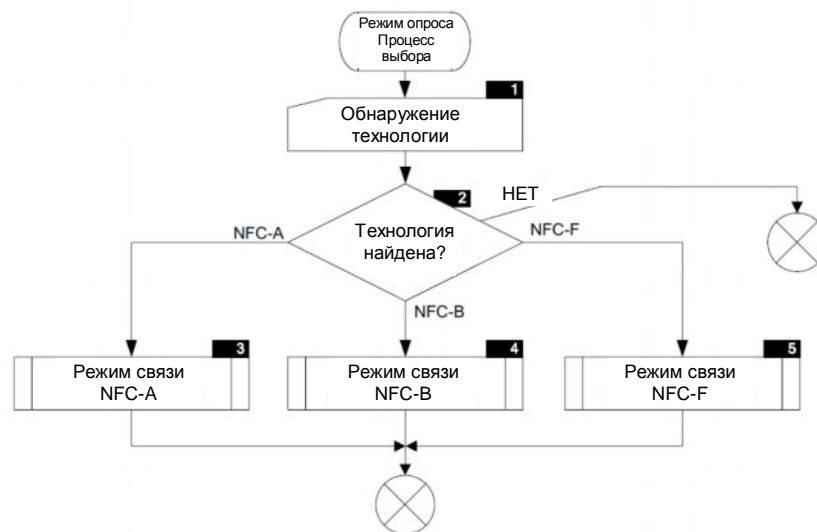


Рисунок 11 – Блок-схема процесса выбора в режиме опроса – основной поток [16]

Схемы кодирования и модуляции изменяются в зависимости от активного или пассивного режима связи, радиointерфейса NFC-A, -B, -F и битовой скорости передачи данных.

В таблице 1 показаны схемы кодирования, модуляции и скорость передачи данных для режимов связи NFC-A, -B или -F.

Таблица 1 – Обзор ВЧ-стандартов NFC

Спецификация технических стандартов радиointерфейсов NFC					
Стандарты ассоциации NFC-Forum	Опрос / Прием	Кодирование	Модуляция	Скорость передачи данных	Несущая частота
NFC-A	Опрос	Модифицированный код Миллера	Амплитудная манипуляция (ASK) 100%	106 кбит/с	13,56 МГц
	Прием	Манчестерский код	Нагрузочная модуляция (ASK)	106 кбит/с	13,56 МГц +- 848 кГц (поднесущая)
NFC-B	Опрос	NRZ-L	Амплитудная манипуляция (ASK) 10%	106 кбит/с	13,56 МГц
	Прием	NRZ-L	Нагрузочная модуляция (BPSK)	106 кбит/с	13,56 МГц +- 848 кГц (поднесущая)
NFC-F	Опрос	Манчестерский код	Амплитудная манипуляция (ASK) 10%	212 / 424 кбит/с	13,56 МГц
	Прием	Манчестерский код	Нагрузочная модуляция (ASK)	212 / 424 кбит/с	13,56 МГц (без поднесущей)

4.3 Типы меток в NFC

NFC-метки это пассивные устройства, которые можно использовать для связи с активными NFC-устройствами. NFC-метки предполагалось использовать, например, для смарт-постеров и других приложений, в которых можно хранить и передавать на активные NFC-устройства небольшое количество данных. Было введено четыре базовых типа меток с номерами от 1 до 4, каждый со своим форматом и возможностями. Данные типы форматов NFC-меток основаны на стандартах ISO 14443 Types A и B и Sony FeliCa.

Таблица 2 – Типы меток в NFC

Определение типов NFC-меток				
	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
Стандарт ISO/IEC	14443 A	14443 A	JIS 6319-4	14443 A / B
Совместимые изделия	Innovision Topaz	NXP MIFARE	Sony FeliCa	NXP DESFire, SmartMX-JCOP, ...
Скорость передачи данных	106 кбит/с	106 кбит/с	212, 424 кбит/с	106/212/424 кбит/с
Объем памяти	96 байт, возможность расширения до 2 кбайт	48 байт, возможность расширения до 2 кбайт	Переменный, макс. 1 Мбайт	Переменный, макс. 32 кбайт
Защита от коллизий	Нет	Да	Да	Да

5 Радиотехнические измерения в NFC

Чтобы подтвердить соответствие функций NFC-устройств требованиям стандартов, а также для проведения полного комплекса тестов протокола, необходимо также провести ряд радиотехнических измерений. Согласно схеме, приведенной в варианте спецификации испытаний [15] (возможны изменения ассоциацией NFC Forum), радиотехнические измерения определяются эталонными устройствами (эталонное устройство приема NFC Forum, эталонное устройство опроса NFC Forum). Эталонные устройства соответствуют стандартным NFC-устройствам, работающим в режимах приема и опроса при различных размерах антенн, и обеспечивают четко определенные, сравнимые измерения.

5.1 Схемы измерений

Следующие две схемы рекомендованы ассоциацией NFC Forum для испытаний NFC-устройств либо в режиме приема, либо в режиме опроса.

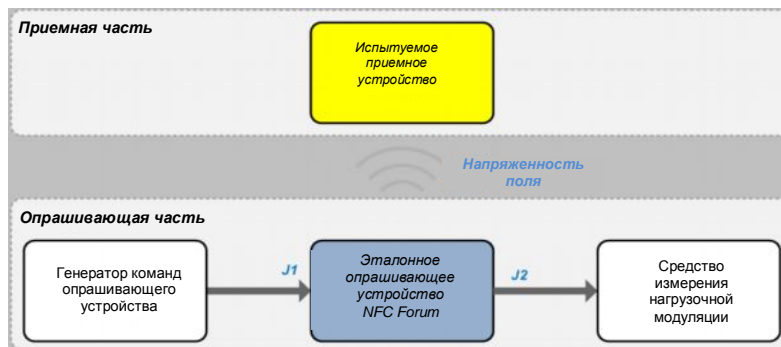


Рисунок 12 – Схема измерения для испытания NFC-устройства в режиме приема [15]

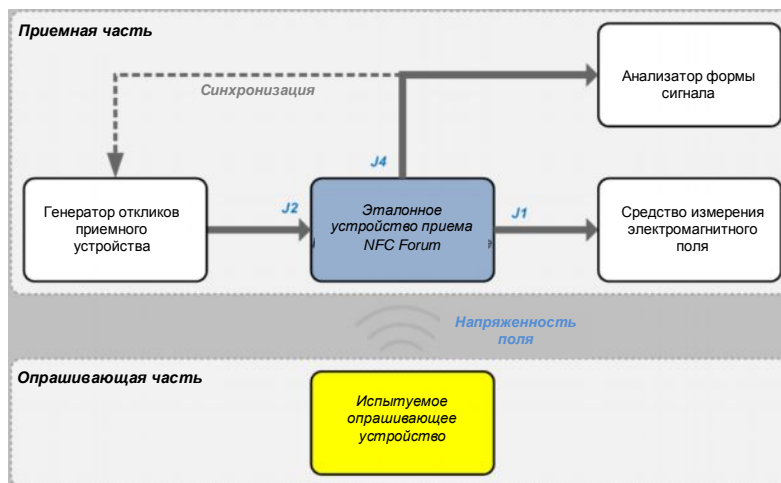


Рисунок 13 – Схема измерения для испытания NFC-устройства в режиме опроса [15]

5.2 Эталонные устройства NFC Forum

Эталонное опрашивающее устройство:

После подключения к подходящему генератору сигналов и усилителю мощности, эталонное опрашивающее устройство NFC Forum посылает команды приемному устройству. Затем, с помощью соответствующего измерительного оборудования, можно принять отклик приемного устройства и провести его анализ.

Эталонные опрашивающие устройства NFC Forum с тремя различными конфигурациями антенных катушек основаны на стандартном считывателе EMVCo PCD*) (для устройства опроса 0) и скорректированных версиях двух конфигураций антенных катушек смарт-карт на основе ISO-стандартов (устройства опроса 3 и 6).

*) EMVCo: компании Europay, Mastercard, Visa [7],
PCD: бесконтактное связывающее устройство (считыватель)

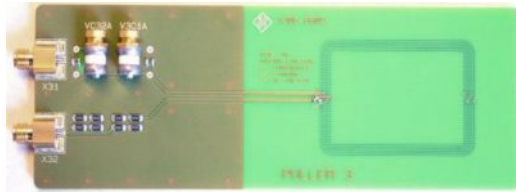


Рисунок 14 – Пример: Эталонное устройство опроса NFC Forum номер 3 [15]

Эталонное устройство приема:

Эталонное устройство приема NFC Forum анализирует сигналы, посылаемые опрашивающим устройством. Для проведения измерений частоты и формы данных сигналов, эталонное устройство приема NFC Forum имеет встроенную чувствительную катушку.

Эталонное устройство приема NFC Forum может также отправлять информацию опрашивающему устройству, применяя различные уровни нагрузочной модуляции, создаваемой с помощью подходящего внешнего генератора сигналов произвольной формы.

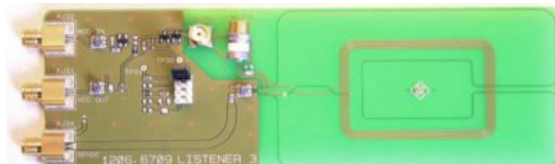


Рисунок 15 – Пример: Эталонное устройство приема NFC Forum номер 3 [15]

Рабочий объем опрашивающего устройства определяется как пространство, в пределах которого технические требования позволяют устройству обеспечивать взаимодействие между NFC-устройствами, по крайней мере, в этом же объеме. Геометрия рабочего объема показана на рисунке 16.

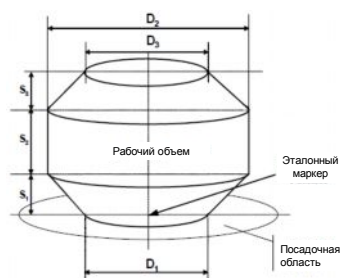


Рисунок 16 – Рабочий объем NFC определяется как пространство, в пределах которого устройство NFC Forum в режиме опроса может подключаться к устройству NFC Forum в режиме приема, либо может обмениваться информацией с ответным устройством [15]

5.3 Радиотехнические испытания NFC-устройств

Радиотехнические испытания NFC Forum (ВЧ-тесты), утвержденные для устройств с поддержкой технологии NFC, приведены в проекте спецификации аналоговых испытаний NFC Forum [15]. Наиболее важными измерениями для устройств с поддержкой технологии NFC являются:

В активном режиме опроса:

- Измерение погрешности воспроизведения частоты несущей
- Измерение уровня мощности, достаточного для работы опрашивающего устройства.
- Измерение характерных параметров сигнала (время нарастания, время спада и т.д.).
- Тестирование чувствительности к нагрузочной модуляции (опрашивающие устройства должны корректно принимать сигналы с нагрузочной модуляцией на установленном минимальном уровне).
- Тестирование порогового уровня (опрашивающее устройство должно отключать свое ВЧ-поле при воздействии внешнего ВЧ-поля определенной напряженности).

В пассивном режиме приема:

- Измерение параметров нагрузочной модуляции (уровень сигналов с нагрузочной модуляцией или ответных сигналов приемного устройства не должен выходить за указанные пределы).
- Оценка качества приема (приемное устройство должно обеспечивать корректный ответный сигнал даже в плохих условиях).
- Измерение времени кадровой задержки (важно в режиме NFC-A для работы алгоритма устранения коллизий)
Время кадровой задержки (FDT) представляет собой время ответа от окончания команды опроса до начала передачи данных телефоном в режиме эмуляции карты.

Все перечисленные испытания должны проводиться для всех режимов работы (NFC-A, NFC-B и NFC-F), поддерживаемых мобильным телефоном.

Основные испытания устройств с поддержкой технологии NFC подробно описаны в указаниях по применению R&S 1MA190 "Basic Tests of NFC Enabled Devices Using R&S Test Equipment" ("Основные испытания устройств с поддержкой технологии NFC с помощью контрольно-измерительного оборудования компании R&S") [17].

Сокращения

Сокращения	
Сокращение	Описание
ASK	Amplitude Shift Keying (амплитудная манипуляция)
BPSK	Binary Phase Shift Keying (двоичная фазовая манипуляция)
NRZ-L	Non-Return to Zero, (двоичная схема кодирования с инверсией уровня контрольного параметра, L означает Level, уровень)
OOK	On-Off-Keying (амплитудная манипуляция)
ISO	International Organization for Standardization (Международная организация по стандартизации)
IEC	International Electrotechnical Commission (Международная электротехническая комиссия)
ECMA	European Association for Standardizing Information and Communication Systems (Европейская ассоциация для стандартизации информационных и коммуникационных систем)
EMVCo	 <p>Компании Europay, Mastercard, Visa. Платежный стандарт EMVCo осуществляет управление, поддержку и усовершенствование технических требований к картам с интегральными микросхемами EMV® для платежных карт с микросхемами и одобренными устройствами, включая терминалы оплаты и банкоматы. В настоящее время платежным стандартом EMVCo владеют компании American Express, JCB, MasterCard и Visa</p>
JIS	Japanese Industrial Standard (отраслевой стандарт Японии)
NFC	Near Field Communication (беспроводная связь ближнего действия)
NFC-A	Near Field Communication – технология NFC-A
NFC-B	Near Field Communication – технология NFC-B
NFC-F	Near Field Communication – технология NFC-F
NFCIP-1	Near Field Communication Interface and Protocol (интерфейс и протокол NFC) согласно [NFCIP-1]. Определяет протокол для однорангового режима NFC
NDEF	NFC Data Exchange Format (формат обмена данными NFC)
PCD	Proximity Coupling Device (Reader) (бесконтактное связывающее устройство (считыватель))
PICC	Proximity Integrated Circuit Card (бесконтактная смарт-карта)

6 Литература

- [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
- [17] Application Note 1MA190 "Basic Tests of NFC Enabled Devices Using R&S Test Equipment"

О компании Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz представляет собой независимую группу компаний, специализирующуюся на производстве электронного оборудования. Rohde & Schwarz является ведущим поставщиком контрольно-измерительных систем и приборов, оборудования для теле- и радиовещания, систем радиомониторинга и радиопеленгации, а также систем профессиональной радиосвязи специального назначения. Rohde & Schwarz успешно работает уже 75 лет, представительства и сервисные центры компании находятся в более чем 70 странах. Головной офис компании расположен в Мюнхене, Германия.

Обязательства по охране окружающей среды

- Энергосберегающие изделия
- Постоянное улучшение экологической устойчивости
- Сертифицированная система экологического менеджмента ISO 14001



Контакты в регионах

Европа, Африка, Ближний Восток
+49 89 4129 12345

customersupport@rohde-schwarz.com

Северная Америка

1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772)

customer.support@rsa.rohde-schwarz.com

Латинская Америка

+1-410-910-7988

customersupport.la@rohde-schwarz.com

Азия/Тихий океан

+65 65 13 04 88

customersupport.asia@rohde-schwarz.com

Китай

+86-800-810-8228 /+86-400-650-5896

customersupport.china@rohde-schwarz.com

Данный документ и поставляемые программы могут применяться только при соблюдении условий, изложенных в области загрузки веб-сайта Rohde & Schwarz.

R&S® является зарегистрированным товарным знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Товарные знаки и торговые марки принадлежат соответствующим владельцам.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühlhofstraße 15 | D - 81671 München

Тел. + 49 89 4129 - 0 | Факс + 49 89 4129 - 13777

www.rohde-schwarz.com