

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ NFC МЕТОК НА ПРИОРИТЕТ ЧТЕНИЯ

Саркисова Ирина Олеговна

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московский
государственный технологический университет
«СТАНКИН», г. Москва
sio-job@yandex.ru

Лаверычев Максим Александрович

Преподаватель, ФГБОУ ВО «Московский
государственный технологический университет
«СТАНКИН», г. Москва
maxim.lawerichev@yandex.ru

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE LOCATION OF NFC TAGS ON THE OCCURRENCE OF COLLISIONS

**I. Sarkisova
M. Laverychev**

Summary. The article deals with the issue of the influence of the mutual location of NFC tags on the occurrence of collisions. In the modern educational process, it is necessary to introduce information technologies not only to provide distance learning, but also to improve the efficiency of working with training modules, real equipment, test benches. This can be achieved using NFC tags, however, when placing tags on equipment, a situation may arise where one label is projected onto another, which affects the processes of information exchange. The paper presents the results of a number of experiments determining the relative probability of reading each label, depending on its location relative to the reader. The ambiguity of the influence of the relative location of NFC tags is shown. Based on the experiments carried out, a method for eliminating false readings in conditions of close location of labels is proposed.

Keywords: NFC tags, collisions, training systems.

Аннотация. В статье рассматривается вопрос влияния взаимного расположения NFC меток на приоритет чтения. В современном образовательном процессе необходимо внедрять информационные технологии не только для обеспечения дистанционного обучения, но и для повышения эффективности работы с учебными модулями, реальным оборудованием, тестовыми стендами. Этого можно добиться, используя NFC метки, однако при размещении меток на оборудовании может возникнуть ситуация наложения, в проекции, меток одной на другую, что влияет на процессы обмена информацией. В работе приводятся результаты ряда экспериментов, определяющих относительную вероятность считывания каждой метки в зависимости от ее расположения относительно считывателя. Показывается неоднозначность влияния относительного расположения NFC меток. На основе проведенных экспериментов предложен способ исключения ложных считываний в условиях близкого расположения меток.

Ключевые слова: NFC метки, коллизии, обучающие системы.

Введение

Современные образовательные технологии постоянно развиваются. Активное использование информационно-коммуникационных технологий позволяет провести цифровизацию рутинных процессов, расширить образовательные программы, масштабировать учебный процесс, повышая тем самым качество образования в целом.

В рамках концепции Индустрии 4.0 существует ряд перспективных технологий, которые могут быть применены в образовательных целях [1]. В том числе и для организации процесса дистанционного или смешенного обучения при подготовке и переподготовке специ-

алистов, особенно в случае, когда их работа связана с реальными физическими объектами [2]. Так, для более эффективного обучения при работе с физическими объектами можно использовать NFC метки. Применение NFC меток, внедренных в модели и реальные физические модули, может оказаться эффективным при ускоренной подготовке специалистов в рамках реализации федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [3].

В процессе проработки методики применения NFC меток в образовательном процессе возникла потребность выяснить, какая из меток, находящихся на оси считывателя, будет считана первой — ближняя или

дальняя от считывателя. В стандартах по технологиям NFC и RFID ответов на данный вопрос найдено не было [4, 5, 6].

С целью анализа влияния расположения NFC меток на приоритет чтения был разработан и проведен ряд экспериментов.

Подготовка к эксперименту

Технология NFC базируется на принципе электромагнитной индукции. У NFC устройств есть два режима взаимодействия. Если инициатор излучает радиочастотные волны, а цель за счёт инициатора получает питание, то такой режим взаимодействия называют пассивным. При активном режиме у инициатора и цели свои собственные источники питания, и они независимы друг от друга. Данные режимы совпадают с режимами RFID.

На физическом уровне NFC работает по алгоритму, описанному в ГОСТ для RFID (ГОСТ Р ИСО/МЭК 14443–2–2014), где говорится о маломощных радиосигналах частотой 13,56 МГц [7].

Функционирование NFC-системы происходит в режиме мультидоступа. В таком случае возможна одновременная передача данных сразу от нескольких меток, что приводит к одновременному появлению модулированных сигналов на входе считывателя и как следствие — коллизии. Коллизии удается избежать благодаря встроенному анти-коллизийному алгоритму.

Алгоритмов анти-коллизий существует несколько, каждый имеет свои преимущества и недостатки по таким параметрам, как время распознавания заданного числа меток, сложность реализации и т.д. Самый простой и чаще всего встречающийся алгоритм называется «free running». Он основан на том, что все метки генерируют ответы со случайным интервалом, за счет чего всегда наступит момент, когда считывателю отвечает только одна метка.

Так, в моменты времени T_1 , T_3 и T_6 имеется наложение откликов от меток 1 и 3, 1 и 2, 2 и 3 соответственно. Считыватель определяет это по тому, что за счет наложения сигналов не сходятся контрольные суммы ответов меток. В моменты времени T_2 , T_4 и T_5 коллизий нет, и считыватель идентифицирует метки в следующем порядке: метка 2, метка 3, метка 1. К моменту времени T_6 все три метки считаны [8].

Базовая гипотеза состояла в том, что считываться всегда будет метка, находящаяся ближе к считывателю, т.к. сигнал от нее будет сильнее и приоритетнее для

считывателя. Метки, находящиеся дальше от считывателя, будут получать недостаточно энергии для возбуждения.

Эксперимент проводился с помощью метода имитационного моделирования, поскольку возможность построить аналитическую модель отсутствует, т.к. в системе существуют причинные связи и стохастические переменные. Вид моделирования — дискретно-событийный. Данный вид позволяет абстрагироваться от непрерывной природы событий и рассматривает только основные события моделируемой системы

Для проведения эксперимента были взяты пассивные NFC метки в виде карточек NTAG215 [9], а также изготовлены дополнительные блоки, которые обеспечивали постоянную высоту между метками и считывателем.

Данный тип меток был выбран как один из самых распространённых, доступных, а также обладающий достаточным объемом памяти. Площадь антенны 70x40мм. Все метки, участвующие в эксперименте, были проверены на работоспособность, а размеры их антенн были измерены, чтобы исключить заводской брак.

Блоки были изготовлены из PLA пластика, который не искажает сигнал. В ходе подготовки к эксперименту были выбраны базовые расстояния между метками и между верхней меткой и считывателем. Между метками использовалось расстояние 15 мм. Расстояние между считывателем и верхней меткой равнялось 20 мм. Данные размеры обеспечивали теоретическую возможность считывания нижней метки. Максимальные размеры основания блоков определялись размером антенны с целью минимизирования влияния блоков на результат эксперимента.

Установка, 3D модель которой представлена на рисунке 1, была размещена на экспериментальном столе, удаленном от источников других сигналов и прочих помех. Синим цветом проиллюстрированы блоки.

В качестве считывателя использовался смартфон с NFC модулем Xiaomi Redmi Note 8 Pro. В данном смартфоне NFC антенна располагается вокруг модуля камер (рис. 2). Для работы с NFC метками на смартфон было установлено приложение NFC Tools (ОС Android), оно позволяет не только считывать, но и создавать NFC-метки.

Ход эксперимента

В начале эксперимента всем меткам был присвоен тег с номером, а также была определена взаимно идентичная ориентация меток.

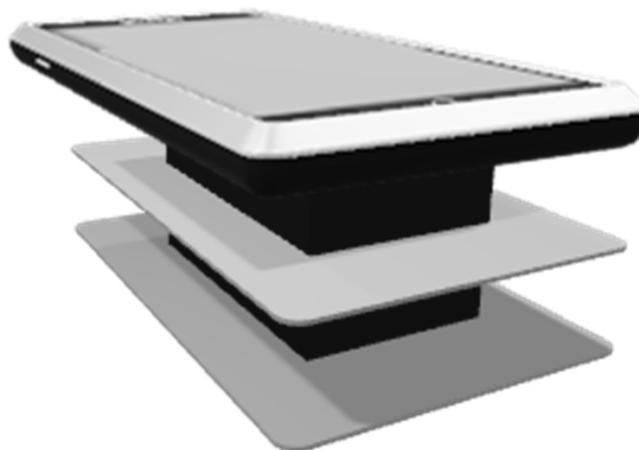


Рис. 1. Схема экспериментальной установки



Рис. 2. NFC модуль в смартфоне Xiaomi Redmi Note 8 Pro

Далее метки попарно крепились в установку и проводились измерения. Метки всегда устанавливались строго друг над другом, без смещений по каким-либо осям.

Каждая пара меток проверялась для двух вариаций:
 1) метка А сверху, метка Б снизу;
 2) метка Б сверху, метка А снизу.

Внутри каждой вариации проводились измерения с разным типом расположения верхней метки.

Результатом каждого замера являлся прочитанный тег метки (т.е. номер). Если прочитанный тег принадлежит метке, находящейся ближе к считывателю (сверху), то результат замера равен 1 (единице). Если считывалась дальняя от считывателя метка (нижняя), то результат замера равен 0 (нулю).

Формула 1

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если считалась ближняя метка} \\ 0, & \text{если считалась дальняя метка} \end{cases}, \text{ где}$$

x_i — результат каждого замера.

Таким образом, среднее значение всех проведенных экспериментов отражала вероятность, что будет считываться ближняя метка (базовая гипотеза).

Формула 2

$$P(A) = \frac{\sum_i^n x_i}{n}, \text{ где}$$

$P(A)$ — вероятность считывания ближней метки;

n — количество экспериментов;

x_i — результат i -ого эксперимента.

Таблица 1. Вариация меток 1 и 2

Эксперимент	ТИП 1	ТИП 2	ТИП 3
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	0	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
Ср. знач.	1	0,9	1
ИТОГО			0,966667

Таблица 2. Сводная таблица вероятностей

Сводная таблица		Ближняя метка					Ср. знач.
		1	2	3	4	5	
Дальняя метка	1		0,97	0,03	0,93	0,07	0,50
	2	0,03		0,00	0,93	0,03	0,25
	3	0,80	1,00		0,97	0,90	0,92
	4	0,73	0,90	0,73		0,60	0,74
	5	0,93	0,97	0,00	1,00		0,73
Ср. знач.		0,63	0,96	0,19	0,96	0,40	0,63

В рамках проводимых экспериментов было использовано 5 меток. Соответственно было сформировано 10 пар меток, 20 вариаций, 60 уникальных серий и всего 600 замеров.

Обработка результатов эксперимента

Результаты каждой вариации были сведены в таблицу (Таблица 1).

Типы экспериментов отражают ориентацию меток. Тип 1: метки имеют взаимно идентичную ориентацию; тип 2: верхняя метка развернута на 180 градусов по оси Z, относительно нижней метки; тип 3: верхняя метка развернута на 180 градусов по оси Y, относительно нижней метки. Для каждой комбинации проводилось 10 замеров.

Усредненные значения вероятности считывания ближней метки для всех вариаций вносились в сводную таблицу (Таблица 2). В сводной таблице штриховкой выделены пары меток.

В данной таблице по горизонтали расположены метки, находящиеся дальше от считывателя, а по вертикали — ближе к считывателю. Пересечение строки и столба — вероятность $P(A)$ для комбинации меток. Также эти вероятности просуммированы для каждой метки и высчитана общая вероятность считывания ближней к считывателю метки (0,63).

На этом этапе удалось заметить большой разброс в результатах между метками, что заставило выдвинуть еще одну гипотезу, которая заключается в том, что метки несмотря на то, что они от одного производителя, из одной партии и выполнены по одному стандарту, имеют различную чувствительность к излучаемой считывателем радиочастотной волне.

Для изучения этой гипотезы была построена еще одна таблица (Таблица 3), в которую были внесены просуммированные результаты строк и столбцов сводной таблицы (т.е. результаты для каждой метки в случаях, когда она находилась ближе и дальше от считывателя), на основании которых происходило ранжирование по формуле 1. Для ситуации с дальним расположением,

Таблица 3. Таблица относительной вероятности считывания метки

	Ближнее расположение (a _n)	Дальнее расположение (b _n)	Итог	Рейтинг
Метка 1	0,63	0,50	0,56	3
Метка 2	0,96	0,75	0,85	1
Метка 3	0,19	0,08	0,14	5
Метка 4	0,96	0,26	0,61	2
Метка 5	0,40	0,27	0,34	4



Рис. 3. Отклонения от среднего значения в зависимости от типа расположения меток

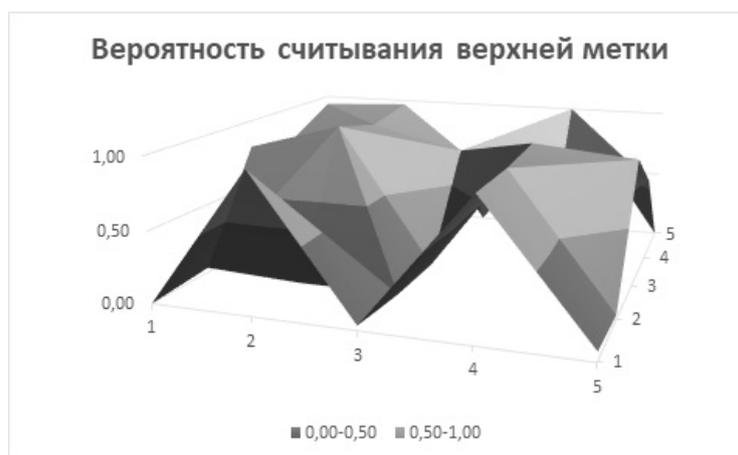


Рис. 4. 3D график эксперимента

значения из сводной таблицы вычитались от 1 (единицы), т.к. в данной таблице нам интересна вероятность считывания дальней метки.

Формула 3

$$U_n = \frac{\bar{P}_{a_n} + \bar{P}_{b_n}}{2},$$

где U_n — относительная вероятность считывания метки n относительно других меток, участвующих в эксперименте;

\bar{P}_{a_n} — усредненная вероятность считывания метки, когда она находится ближе к считывателю;

\bar{P}_{b_n} — усредненная вероятность считывания метки, когда она находится дальше от считывателя.

Сумма вероятностей делится на 2, т.к. в данном случае рассматривались две ситуации (метка ближе или

дальше от считывателя). Результатом является относительная вероятность считывания каждой метки. По таблице отчетливо видно, что относительная вероятность считывания меток может отличаться в 6 раз. Этот побочный вывод из эксперимента позволяет предположить, что фактическая чувствительность меток к радиочастотному воздействию зависит не только от размеров, но и от внешних физических факторов. Например, статическое напряжение, магнитные поля и т.д.

Ориентация меток не оказывает существенного влияния на результат, что видно из графика корреляции на рисунке 3. Среднее отклонение между типами расположения меток — 5%.

Основная базовая гипотеза, что ближняя к считывателю метка будет всегда считываться, оказалась неподтвержденной. Результат эксперимента составил 0.6, что

не позволяет сделать однозначных выводов. Если же посмотреть на 3-х мерный график (рис. 4), отражающий результаты эксперимента, мы увидим абсолютную раздробленность результатов, что указывает на наличие сторонних факторов, влияющих на результат эксперимента.

Заключение

Важным результатом эксперимента стало нахождение зависимостей, которые ранее не принимались во внимание. Тем не менее, базовая теория, которая была выдвинута в начале эксперимента, не смогла быть доказана или опровергнута.

Практическим выводом из проведенного эксперимента являются следующие заключения:

- ◆ пересечение сигналов от меток может возникать даже при большом расстоянии между ними;

- ◆ метки одного типа могут иметь различную чувствительность к радиочастотным волнам;
- ◆ расположение меток на непараллельных плоскостях помогает избежать ложных считываний в условиях близкого расположения меток.

Полученные результаты необходимо учитывать при проведении других экспериментов, связанных не только со стационарными модулями, но и с объектами, находящимися в движении и передающими данные, которые потом могут обрабатываться, в том числе и нейронными сетями для коррекции траектории движения или для определения соответствия имеющейся траектории идеальной [10]. Именно эта информация может стать базовой, для определения эффективности прохождения образовательных треков обучающимися, взаимодействующими с реальным оборудованием или тестовыми стендами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статья «Индустрия 4.0: Big Data, цифровизация и рост экономики» // Сайт «Habr» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/507822/>, свободный. Дата обращения: 30.11.2021 г.
2. Лаврычев, М. А. Использование технологии бесконтактной передачи данных в профессиональном обучении / М. А. Лаврычев, И. О. Саркисова // Технологии информационного общества: Сборник трудов XV Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного общества», Москва, 03–04 марта 2021 года. — Москва: ООО «Издательский дом Медиа паблишер», 2021. — С. 203–205.
3. Применение продуктов фирмы «1С» в дисциплине «Архитектура цифрового производства и предприятий» / В. И. Шароватов, Е. В. Бабенко, П. М. Субботин, А. А. Каплинский // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 февраля 2020 года / Под общей редакцией Д. В. Чистова. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «1С-Паблишинг», 2020. — С. 198–200.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 7810–2015 Карты идентификационные, физические характеристики // Сайт «Электронный фонд правовой и нормативной документации» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124131>, свободный. Дата обращения: 30.11.2021 г.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 14443–1–2013 Карты близкого действия, физические характеристики // Сайт «Электронный фонд правовой и нормативной документации» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200108020>, свободный. Дата обращения: 30.11.2021 г.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 14443–2–2014 Карты идентификационные. Карты на интегральных схемах бесконтактные. Карты близкого действия. Часть 2. Радиочастотный энергетический и сигнальный интерфейс // Сайт «Электронный фонд правовой и нормативной документации» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118651>, свободный. Дата обращения: 30.11.2021 г.
7. Статья «Как использовать NFC метки» // Сайт «NFC Expert» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://nfcexpert.ru/programmirovanie-nf-metok>, свободный. Дата обращения: 30.11.2021 г.
8. Статья «Еще раз про RFID» // Сайт «Parsec» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.parsec.ru/articles/eshche-raz-pro-rfid/>, свободный. Дата обращения: 30.11.2021 г.
9. Статья «В чем разница между Ntag213, Ntag215 и Ntag216?» // Сайт «SHENZHEN XINYETONG TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.asiarfid.com/ru/difference-ntag213-ntag215-ntag216.html>, свободный. Дата обращения: 30.11.2021 г.
10. The Autonomous Object Trajectory Correction Using Neural Networks / Z. V. Ilyichenkova, S. M. Ivanova, A. Y. Ermakova, A. I. Volkov // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Conference Proceedings, Moscow, 16–18 марта 2021 года. — Moscow, 2021. — P. 9416086. — DOI 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416086.

© Саркисова Ирина Олеговна (sio-job@yandex.ru), Лаврычев Максим Александрович (maxim.lawerichchev@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»