

**МИЭМ**

Московский институт электроники  
и математики им. А.Н.Тихонова



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
"ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ"

Московский институт электроники и  
математики им. А.Н. Тихонова  
Национального исследовательского университета  
"ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ"



**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

**2019**

**МЕЖВУЗОВСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ  
имени Е.В. АРМЕНСКОГО**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ им.А.Н.Тихонова  
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»



**Межвузовская научно-техническая  
конференция студентов, аспирантов  
и молодых специалистов  
имени Е.В. Арменского**

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

Москва 2019 г.

ББК 2+3  
Н 34

Межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов им. Е.В. Арменского. Материалы конференции. - М. ~: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2019. – 278 стр.

**ISBN 978-5-94768-074-4**

В материалах конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов представлены тезисы докладов по следующим направлениям: математика и компьютерное моделирование; информационно-коммуникационные технологии; автоматизация проектирования, банки данных и знаний, интеллектуальные системы; компьютерные образовательные продукты; информационная безопасность; электроника и приборостроение; производственные технологии, нанотехнологии и новые материалы; инновационные технологии цифровой экономики; инновационные технологии в дизайне.

Материалы конференции могут быть полезны для преподавателей, студентов, научных сотрудников и специалистов, специализирующихся в области прикладной математики, информационно-коммуникационных технологий, электроники, информационной безопасности и дизайна.

Редакционная коллегия: Е.А. Крук, С.А. Аксенов, С.М. Авдошин, У.В. Аристова,  
Г.Г. Бондаренко, Л.С. Восков, А.А. Елизаров,  
Э.С. Клышинский, А.Б. Лось, Н.С. Титкова

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

ISBN 978-5-94768-074-4

© Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2019 г.  
© Авторы, 2019г.

3. Исследование замедляющей системы типа «коаксиальная ребристая линия» и разработка СВЧ устройств на ее основе / Шаймарданов Р. В. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. МИЭМ НИУ ВШЭ, 2016.
4. Direct piezoelectric coupling to surface elastic waves / R. M. White, F. W. Voltmer // Applied Physics Letters – 1965 – Vol.7, Num. 12 – P. 314.
5. Immunosensor using 250 MHz shear horizontal surface acoustic wave delay line / H. Yatsuda, T. Kogai, M. Goto, K. Kano, N. Yoshimura // Proceedings of 2018 Asia-Pacific Microwave Conference.
6. Инструментальные методы исследования физических полей биологических объектов / Елизаров А. А. // Измерительная техника – 1997 – №7 – с. 62-67.
7. Микроволновая томография биологических объектов / Семенов С. Ю. // Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. РИЦ «Курчатовский институт», 1999.
8. Orthogonally-face-to-face Type of Micro-electrode with Ring Resonator for Circulating Tumor Cell Detection / S. Sora, K. Kumahara, M. Eguchi, F. Kuroki, T. Yamakawa, F. Tanaka // Proceedings of 2018 Asia-Pacific Microwave Conference.
9. Single Port Bio-Sensor Design Using Metamaterial Split Ring Resonator / M. Hussein, Othman Al Aidaros, M. Khalil, Sultan Al Neyadi, M. Asad // December 2016. – Conference Paper.
10. Contactless Carotid Pulse Measurement Using Continuous Wave Radar // K. Shi, S. Schellenbergery, T. Steigleder, F. Michler, F. Lurz, R. Weigel, A. Koelpiny // Proceedings of 2018 Asia-Pacific Microwave Conference.
11. Antennas and Propagation for Body-Centric Wireless Communications / Hall P. S., Hao Y. // Artech house Boston. London – 2006 – P. 295.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАНДАРТА РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ EPC CLASS 1 GENERATION 2

*И.Р. Лаврухин, С.В. Баткевич*  
Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»,  
департамент электронной инженерии  
МИЭМ НИУ ВШЭ

### Аннотация

Работа направлена на исследование стандарта радиочастотной идентификации EPC Class 1 Generation 2 [1]. Данное исследование направлено на определение параметров протокола, влияющих на характеристики RFID-системы. Это, в свою очередь, поможет настроить всю систему радиочастотной идентификации таким образом, чтобы иметь максимальную производительность. Исследования такого рода применимы в автоматизированной системе «Умные примерочные».

### Введение

Автоматизированная система «Умные примерочные» предназначена для применения в торговле промышленными товарами и логистике с использованием технологии радиочастотной идентификации RFID (860-960 МГц) [2]. «Умные примерочные» позволяют автоматизировать многие процессы, которые пока выполняет человек. Кроме этого, они создают исключительный сервис, помогающий каждому человеку, который воспользуется ими, идеально подобрать не только тот товар, который он хочет приобре-

сти в данный момент, но и тот товар о котором он еще даже не думал до прихода в магазин.

Система «Умные примерочные» описывается, как и любая другая RFID-система. Система радиочастотной идентификации (RFID, Radio Frequency Identification) представляет из себя беспроводную систему автоматической идентификации объектов, в которой при помощи радиосигналов считываются или записываются данные, которые хранятся в RFID-метках (RFID-tag) [3].

Каждую RFID-систему можно представить в виде двух взаимодействующих компонентов: считывающего устройства (считыватель, RFID-reader) и транспондера, или метки (RFID-tag).

### Идентификация меток EPC Class 1 Generation 2

Для инвентаризации самых близких меток, считывателю нужно получить от каждой из всех сообщений, которое содержит идентификатор метки. Данная ситуация называется задачей множественного опроса, при котором в общем случае число меток неизвестно. Самый рациональный способ решить задачу множественного доступа в такой ситуации, при условии того, что метки не могут слышать друг друга, использование протокола дискретная ALOHA. Данный протокол адаптирован к использованию в EPC Class 1 Generation 2 [4].

Последовательность сообщений, которые используются для идентификации метки, показана на рис. 1. В первый слот (слот 0) считыватель направляет сообщение Query, для запуска процесса. Каждое новое сообщение Query подается в следующий слот. Считыватель сообщает меткам диапазон слотов, по которым можно рандомизировать передачи.

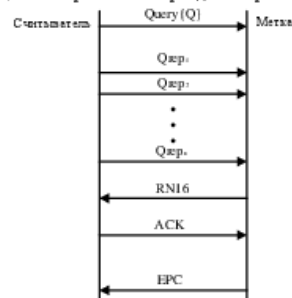


Рис. 1. Пример обмена сообщениями для идентификации метки

Каждая метка выбирает случайный слот, в котором она может отвечать. Однако, когда метки начинают отвечать, то не сразу посылают считывателю свои идентификаторы. Сначала они посылают короткое 16-битовое случайное число в сообщении RN16. Если коллизии отсутствуют, считыватель получает это сообщение и посылает собственное сообщение ACK. На этом этапе метка получает слот и посылает свой идентификатор EPC.

Обмен происходит таким образом потому, что идентификаторы EPC — длинные, поэтому коллизии, которые содержали бы в себе эти сообщения были бы очень накладными. Вместо этого используется короткий обмен, для проверки на безопасное использование слота меткой с целью переслать свой идентификатор. После успешной передачи своего идентификатора, метка временно перестает отвечать на новые сообщения Query, чтобы можно было идентифицировать остальные метки.

Главная проблема, которая стоит перед считывателем — определение такого количества слотов, чтобы избежать коллизий, при этом не задействовать слишком большого количества слотов, так как от этого зависит производительность. В случае, когда считыватель видит слишком

большое количество слотов без ответов или слишком много слотов с коллизиями, он может послать сообщение QAdjust, чтобы уменьшить или увеличить диапазон слотов, по которым отвечают метки. Считыватель RFID имеет возможность осуществлять на метках и другие операции. К примеру, он может выбрать подмножество меток до того, как выполнит раунд инвентаризации, например, собрать ответы у меток на брелоках, а метки на футболках оставить нетронутыми. Кроме этого, считыватель может записывать данные на те метки, которые были идентифицированы. Такую функцию можно использовать для записи торговой точки или другой релевантной информации.

#### Модель механизма взаимодействия считывателя и меток стандарта EPC Class 1 Generation 2

На основе анализа стандарта EPC Class 1 Generation 2 были выделены основные параметры, влияющие на вероятность чтения метки, время до первого прочтения и вероятность коллизии: TagI (длительность сигнала 0, передаваемого считывателем), Q (определяет число слотов), M (число сигналов на передаваемый меткой бит, определяет способ кодирования меткой данных) [5]. Кроме того, на вероятность чтения существенное влияние оказывает BER (Bit Error Rate), зависящий от соотношения сигнал-шум, однако, в дальнейшем ошибки при передаче ответов метки моделировались с помощью вероятности доставки ответа целиком, задаваемой одним числом от 0 до 1. Также влияние оказывают различные параметры окружения, включая число меток, находящихся в зоне чтения.

Перечислив все этапы взаимодействия метки и считывателя, строится алгоритм взаимодействия метки со считывателем с заданными параметрами. При помощи такого алгоритма оценивается быстроедействие всей системы и влияние некоторой группы параметров на ее быстроедействие.

В алгоритме присутствуют два глобальных цикла – первый в самом начале алгоритма, где идет проверка текущего раунда и в случае ложного значения завершается вся программа; второй цикл находится в конце алгоритма и он, в свою очередь, проверяет номер слота, максимальное число которого зависит от параметра Q. Если проверка прошла успешно, то происходит переход на следующий слот, иначе начинается новый раунд.

В качестве инструмента для моделирования был выбран язык программирования Python 3.

Программа может работать в двух режимах: многословном и тихом, в зависимости от значения флага verbose. Многословный режим последовательно выводит текущее состояние системы при смене номера слота, позволяя увидеть поведение модельной системы. Пример вывода программы в многословном режиме представлен на рисунке 2.

Тихий режим используется для увеличения производительности при наборе большой статистики.

```
Slot #0: tag slots: [0, 4, 3, 1], replying tags: [0]
rand_prob_rn16: 0.66372286621, rand_prob_response: 0.32853822058 Nreads: [1, 0, 0, 0]
Slot #1: tag slots: [-1, 3, 2, 0], replying tags: [3]
rand_prob_rn16: 0.12010055655, rand_prob_response: 0.860701409923 Nreads: [1, 0, 0, 1]
Slot #2: tag slots: [-2, 2, 1, -1], replying tags: [1]
rand_prob_rn16: 0.811267851978, rand_prob_response: 0.80850084106 Nreads: [1, 0, 0, 1]
Slot #3: tag slots: [-3, 1, 0, -2], replying tags: [2]
rand_prob_rn16: 0.44406606066, rand_prob_response: 0.208720044023 Nreads: [1, 0, 1, 1]
Slot #4: tag slots: [-4, 0, -1, -3], replying tags: [0]
rand_prob_rn16: 0.230802820893, rand_prob_response: 0.980000411561 Nreads: [1, 0, 1, 1]
Slot #5: tag slots: [-5, -1, -2, -4], replying tags: [1]
rand_prob_rn16: 0.585127825531, rand_prob_response: 0.645681181363 Nreads: [1, 0, 1, 1]
Slot #6: tag slots: [-6, -2, -3, -5], replying tags: [1]
rand_prob_rn16: 0.862287954526, rand_prob_response: 0.483793530632 Nreads: [1, 0, 1, 1]
Slot #7: tag slots: [-7, -3, -4, -6], replying tags: [1]
rand_prob_rn16: 0.36849475354, rand_prob_response: 0.961824264728 Nreads: [1, 0, 1, 1]
```

Рис.2. Моделирование протокола

Проанализировав выходные данные на рис. 2, можно отметить некоторые моменты. Так как заданный параметр Q был равен 3, то количество слотов не будет превышать 8, т.е.  $2^3 = 8$ . В массиве tag slots метки получают номера, которые означают в каком слоте они будут отвечать. Массив replying tags показывает какая метка отвечает в текущем

слоте. Например, в слоте 0 будет отвечать нулевая метка. Так как моделирование упрощенное, то передачу сообщений RN16 и ACK можно имитировать в вероятностью, что нам и покажет аргумент rand\_prob\_rn16 и rand\_prob\_response. Но если эти случайные вероятности меньше, чем заданные вероятности probability\_rn16 и probability\_response соответственно, то прочтение метки не происходит. Более наглядно эта процедура отображена на рис. 3. Это также можно увидеть на примере четвертого слота.



Рис.3. Условия успешного приема сообщений RN16 и ACK

В нашем случае точкой P служит заданная вероятность probability\_rn16. И в четвертом слоте rand\_prob\_rn16 окажется на отрезке от P до 1, следовательно, метка не может быть прочтена. Массив Nreads заполняется по ходу прочтения k-ой метки. Он показывает сколько раз была прочтена k-ая метка. Например, в слоте 1 третья метка была прочтена один раз. Кроме этого, может быть ситуация, когда отвечают несколько меток – коллизия, рис 4. Рассмотрим фрагмент из другой симуляции.

```
Slot #6: tag slots: [1, -1, 0, 0], replying tags: [2, 3]
rand_prob_rn16: 0.118445909685, rand_prob_response: 0.655278295454 Nreads: [0, 1, 0, 0]
Slot #7: tag slots: [0, -2, -1, -1], replying tags: [0]
rand_prob_rn16: 0.630547376136, rand_prob_response: 0.424770146466 Nreads: [1, 1, 0, 0]
```

Рис.4. Коллизия

В слоте 6 отвечают сразу две метки, значит ни одна из них не будет прочтена.

#### Заключение

В ходе работы были определены параметры протокола EPC Class 1 Generation 2, влияющие на следующие характеристики RFID-системы: вероятность идентификации меток, вероятность коллизии, среднее время до первой успешной идентификации метки.

Определены модель и алгоритм взаимодействия считывателя и меток, а также проведено их моделирование.

Статья подготовлена в результате проведения исследования (№ 19-04-005) в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2019 — 2020 гг. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».

#### Список литературы:

1. EPC Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID/ Ed. By EPCglobal Inc, 2015.
2. Елизаров А. А., Касторская А. С., Кухаренко А. С. Патент РФ № 2 408 115 на изобретение. Алгоритм для радиочастотной идентификации (варианты). // Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 2010. № 36.
3. Елизаров А. А., Нестеренко А. Н., Кухаренко А. С. Исследование микрополосковой антенны для RFID-технологии на круговой меандр-линии // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т. 11. № 9.
4. В.М.Витневский, Р.Н.Миниханов. Автоматизированная система безопасности на автодорогах с использованием RFID-технологий и новейших беспроводных средств. Проблемы информатики. 2012. № 1.
5. Lavrukhin I., Larionov A., Yelizarov (Elizarov) A. A. ANALYSIS AND MODELING OF THE PROTOCOL OF RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION OF VEHICLES ON ROAD STATIONS, in: SYNCHROINFO 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, IEEE Conference # 43613. IEEE, 2018. P. 1-5. doi

**Межвузовская научно-техническая конференция студентов,  
аспирантов и молодых специалистов им.Е.В.Арменского.  
Материалы конференции.**

ISBN 978-5-94768-074-4



9 785947 680744

Подписано в печать 11.02.2019 г. Формат 60x84/8. Бумага офсетная №2.  
Печать ризография. Усл.печ.л. 34,75. Уч.-изд.л. 31,28. Тираж 100 экз.  
Европейский центр по качеству