

Нижняя граница для среднего времени идентификации статичной группы RFID меток

Семёнова Т.Д., магистр кафедры безопасности информационных
систем

ГУАП, 1tata922@mail.ru

Тюрликова А.А., магистр кафедры безопасности информационных
систем

ГУАП, tyrlikova@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматривается стандарт EPC Global GEN 2 для работы пассивных RFID систем диапазона UHF 860~960 МГц

Стандарт не регламентирует порядок выдачи команд считывателем, а только накладывает некоторые ограничения на этот порядок. В рамках этих ограничений могут быть организованы различные протоколы работы считывателя (при этом метки остаются неизменными). Стандарт описывает определенный протокол идентификации – Q протокол. В статье строится нижняя граница для среднего времени идентификации для сценария статичной группы объектов. В статье показано, что данный протокол эффективно решает задачу идентификации статичной группы объектов, поэтому не требуется разработка других протоколов.

Введение

В последнее время на рынке технологий автоматической идентификации возрос интерес к пассивным RFID системам, работающим с помощью стандарта EPCglobal GEN 2[1]. Данный стандарт для процедуры идентификации использует Q протокол. В связи с этим появились научные работы, в которых предлагается улучшение протокола идентификации: «Adaptive Aloha anti-collision algorithms for

RFID systems»[2], «An Extensive Study of Slotted Aloha-Based RFID Anti-Collision Protocols»[3] и другие. До сих пор остается открытым вопрос: действительно ли стоит улучшать протокол, по которому работает стандарт. Для ответа на данный вопрос необходимо провести анализ, построив нижнюю границу среднего времени идентификации меток.

Описание стандарта EPCglobal GEN 2

Система радиочастотной идентификации состоит из считывателя и множества меток. Основной задачей считывателя является задача идентификации метки. После этого шага считыватель может общаться уже с выбранной конкретной меткой (задачи чтения и записи информации). Процесс идентификации делится на сеансы. Сеансы делятся на окна (слоты).

Стандарт не регламентирует порядок выдачи команд считывателем, а только накладывает некоторые ограничения на этот порядок. В рамках этих ограничений могут быть организованы различные протоколы работы считывателя (при этом метки остаются неизменными).

Рассмотрим сценарий, когда изначально в области идентификации находится большое число меток, новые метки в систему не поступают, идентифицированные метки больше не участвуют в процессе идентификации.

Рассмотрим упрощенную схему взаимодействия считывателя с метками, рисунок 1. Считаем, что задача считывателя простая — выяснить, какие именно метки находятся в его зоне идентификации. На начало сеанса считыватель отправляет команду — начать новый сеанс длины 2^Q . Каждая метка, которая приняла команду, генерирует и запоминает случайное число в диапазоне от 1 до 2^Q . Пусть в примере 3 метки, длина сеанса 4 окна. Та метка, которая сгенерировала число 1, передает свой уникальный номер (ID) считывателю в первом окне. В упрощенной схеме считаем, если свой ID передала одна метка, то считыватель успешно принимает этот идентификатор. В ответ на успешно принятый идентификатор считыватель отправляет квитанцию и повторный запрос внутри сеанса. В следующем окне ответят метки, которые сгенерировали случайное число 2. Если в течении времени T_3 никто не ответил на запрос, то считыватель посылает команду повторить

запрос внутри сеанса. В следующем окне ответят две метки, которые сгенерировали 3. Если на запрос отвечают две и более меток, то сигнал не будет успешно принят ни от одной метки.

Поэтому в ходе работы считывателя с метками можно выделить три разных ситуации, которые имеют разную длительность: «УСПЕХ» - в один момент времени только одна метка отвечает на запрос считывателя. Метка успешно идентифицируется считывателем; «КОНФЛИКТ» - две и более метки отвечают на запрос считывателя; «ПУСТО» - если ни одна из меток не отвечает на запрос считывателя.

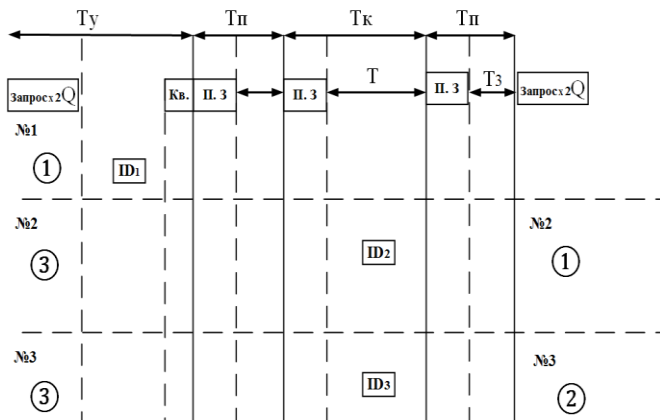


Рисунок 1. Схема взаимодействия считывателя и меток.

Стандарт определяет длительности этих временных интервалов. Рисунок 2 показывает, как формируется время в окнах разных ситуаций. Подробное описание формирования временных интервалов описывается в статье «Adaptive Aloha anti-collision algorithms for RFID systems.»

Далее в работе будем брать временные параметры из статьи «An Extensive Study of Slotted Aloha-Based RFID Anti-Collision Protocols»[3]: длительность окна успех 8,0 мс; длительность конфликта 1,9мс; длительность события пусто 0,61мс. В разных статьях используются разные временные данные, так как они зависят от аппаратной реализации устройств RFID системы.

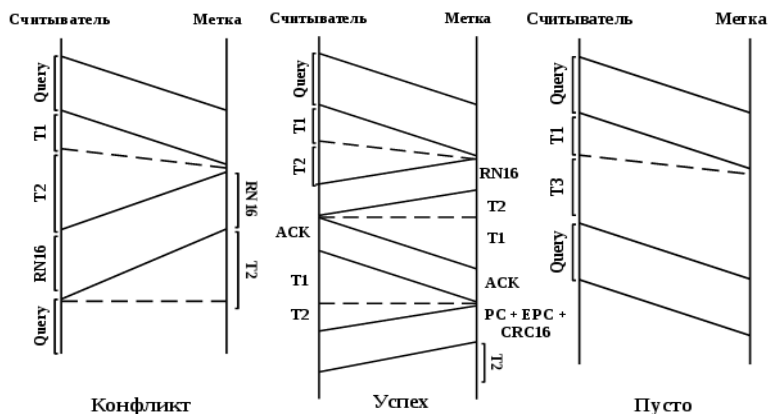


Рисунок 2. Схемы временных интервалов.

Стандарт описывает Q протокол[4], который накладывает ограничения на длину сеанса: длина сеанса зависит от параметра Q, и равна 2^Q (рисунок 3).

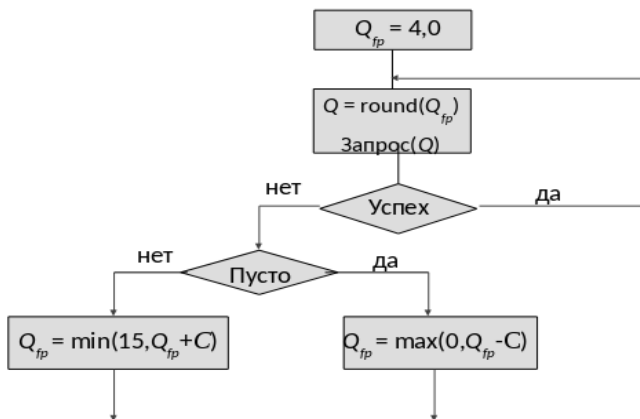


Рисунок 3. Q протокол

Q_{fp} – представление числа Q в формате с плавающей запятой. Предлагается изначально брать Q_{fp} равным 4.0 в соответствии со стандартом. В зависимости от ситуации «КОНФЛИКТ» или «ПУСТО» параметр Q_{fp} изменяется на константу C, где $0,1 < C < 0,5$.

В рамках стандарта Q протокол имеет два решения. Начинать новый сеанс можно в двух случаях: как только изменяется параметр Q

на целое значение — прерывание сеанса; по истечению всех окон сеанса — без прерывания сеанса.

В реальной системе не известно число меток, однако, для построения нижней границы Q протокола будем использовать алгоритм, для которого будет известно число активных меток. [5]. Если известно число меток на начало каждого сеанса, то оптимальным будет следующий алгоритм: каждая метка в новом окне может передавать с вероятностью $p_i = 1/i$, где i — число активных меток.

Такой оптимальный алгоритм будет не соответствовать стандарту. Чтобы более точно построить нижнюю границу, так же рассмотрим подоптимальный алгоритм, где каждая метка может передавать с вероятностью $p_i = 1/f_i$, где f_i — функция зависимости от числа активных меток — i (формула 1), число активных меток округляется до степени двойки.

$$f_i = \begin{cases} 2^{\lfloor \log_2 i \rfloor + 1}, & \text{если } \lfloor \log_2 i \rfloor \neq \log_2 i \\ 2^{\lfloor \log_2 i \rfloor}, & \text{если } \lfloor \log_2 i \rfloor = \log_2 i \end{cases} \quad (1)$$

Вывод теоретической формулы для расчета среднего количества окон затраченных на идентификацию меток — формула

$$2M[T] = M[\sum_{i=1}^k T_i] = \sum_{i=1}^k M[T_i] = 1 + \frac{\sum_{i=2}^k 1}{i p_i (1 - p_i)^{(i-1)}} \quad (2)$$

В соответствии со стандартом окна разных событий имеют разную длительность, поэтому необходимо вывести формулу для расчета среднего времени идентификации меток — формула 3.

$$\begin{aligned} M[T_i] &= \Pr\{Y\}T_Y + \Pr\{K\}(T_K + M[T_i]) + \Pr\{\Pi\}(T_{\Pi} \\ &\quad + M[T_i])M[T_i] \\ &= \frac{\Pr\{Y\}T_Y + \Pr\{K\}T_K + \Pr\{\Pi\}T_{\Pi}}{\Pr\{Y\}} \end{aligned} \quad (3),$$

где $\Pr\{Y\}$ - вероятность события успех (4); $\Pr\{K\}$ - вероятность, что произошел конфликт (5); $\Pr\{\Pi\}$ - вероятность события пусто (6). Длительность окон событий успех, конфликт и пусто T_Y , T_K и T_{Π} соответственно.

$$\Pr\{Y\} = ip_i(1 - p_i)^{(i-1)} \quad (4)$$

$$Pr\Pi = (1 - p_i)^i \quad (5)$$

$$\Pr\{K\} = 1 - ip_i(1 - p_i)^{(i-1)} - (1 - p_i)^i \quad (6)$$

Как написано выше, есть много работ посвящённых анализу Q протокола, однако в них не приводится теоретических расчетов. Несмотря на то, что протокол описывается достаточно просто, однако с учетом особенностей использования окон разной длительности и изменение длин сеанса произвести теоретические расчеты достаточно сложно. Поэтому в данной работе для анализа Q протокола используется имитационное моделирование.

При моделировании системы были построены графики средней задержки времени идентификации меток для двух вариантов Q протокола и оптимальных алгоритмов. На рисунке 4 представлены графики результата моделирования: 1) Q протокол с прерыванием сеанса; 2) Протокол без прерывания сеанса; 3) Оптимальный алгоритм, где длина сеанса является степенью 2; 4) Оптимальный алгоритм, где длина сеанса равна числу активных меток.

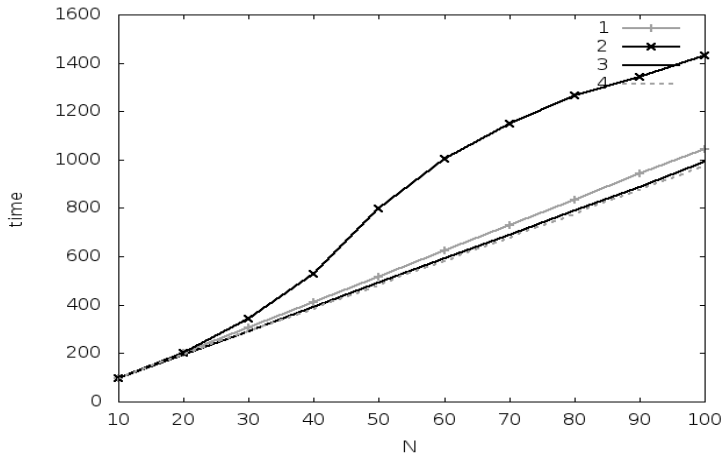


Рисунок 4. Среднее время идентификации меток.

Заключение

Проведя анализ Q протокола для стандарта радиочастотной идентификации EPC Global GEN 2 можно сказать, что для сценария идентификация статичной группы объектов лучше всего использовать Q протокол с прерыванием сеанса, времени на идентификацию большой группы объектов затрачивается значительно меньше. Для данного сценария разработка нового протокола идентификации не требуется так, как Q протокол показывает среднее время идентификации объектов близкое к оптимальному алгоритму.

Список литературы

1. EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID. Version 2.0.1 Ratified
2. Feng Zheng, Thomas Kaiser, «Adaptive Aloha anti-collision algorithms for RFID systems.» EURASIP Journal on Embedded Systems, 2016
3. Namboodiri, Vinod, et al. "An extensive study of slotted Aloha-based RFID anti-collision protocols." Computer communications 35.16 (2012): 1955-1966.
4. Марковский С.Г., Марковская Н.В. Процедура идентификации меток в протоколе EPC GLOBAL GEN2 V.2.0.1. // Научная сессия ГУАП: сб. док. Ч1. Технические науки / СПб.: ГУАП.:СПб., 2015.
5. Г. И. Фалин, Оценка эффективности одного класса алгоритмов случайного множественного доступа в радиоканал, Пробл. передачи информ., 1982, том 18, выпуск 3, 85–90