

Synthesis of Aggregate Discrete-Frequency Signals

Comparison of variants for construction of discrete-frequency signals according to the energy per one bit of information is carried out. Facilities of increasing the information transmission rate by various discrete-frequency signals in the assigned frequency band are considered. Ways of reducing PAPR of discrete-frequency signals are defined.

Key words: time-frequency matrices, discrete-frequency signals, PAPR, phase selection, clipping.

УДК 621.396

И. З. Климов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

В. Е. Минин, соискатель, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

В. А. Мошонкин, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЩЕГО КАНАЛА В ЦИФРОВОЙ СЕТИ СВЯЗИ*

Создана имитационная модель сети радиосвязи. Выполнено сравнение эффективности использования канала различными протоколами доступа к среде.

Ключевые слова: моделирование сети связи, эффективность использования канала сетью радиосвязи, правила доступа к среде, алгоритм адаптации, канальный уровень.

Рассмотрим следующую модель. Существует общая среда передачи данных. В общей среде функционируют станции. Все станции находятся в режиме постоянного прослушивания эфира. Станции синхронизированы, однако существует временная задержка на распространение сигнала от одной станции до другой. Если какой-либо из станций поступает на передачу пакет данных, то она начинает передачу согласно правилам доступа к среде того протокола, который она применяет. При попытке передачи возможны два варианта: станция-адресат приняла пакет или в общей среде происходит коллизия. При возникновении коллизии станция-отправитель повторяет попытку передачи согласно правилам доступа к среде применяемого протокола доступа. Под протоколом доступа понимаем лишь правила доступа к среде. Будем считать, что формат кадров для всех протоколов един, и со сменой протоколов изменяются лишь правила установления соединения и правила повторной передачи. После установления соединения станции переходят на другой диапазон без конкуренции, следовательно, будем считать, что факт установления соединения является конечной целью работы модели.

Согласно предложенной методике увеличения производительности сети радиосвязи за счет выбора оптимального набора правил доступа к среде [1] произведено моделирование попыток установления соединений станциями с цифровой связью, работающими в общем канале. Данная методика позволяет выбрать правила доступа к среде передачи данных на основе обучающего множества примеров. Примеры

представляют собой значения параметров (факторов, влияющих на скорость передачи канального уровня), представленные как точки в пространстве параметров, и набора правил, выбор которого при этих факторах обеспечит максимальную скорость передачи канального уровня. В результате применения алгоритма ожидается увеличение общей производительности сети связи с общим каналом.

Рассмотрим работу станций в синхронной системе связи со случайным доступом. В этой системе связи радиостанция может находиться в трех состояниях: передача; прием; подготовка к передаче. Наибольший интерес представляет момент, когда у станции имеется пакет на передачу и она производит сканирование канала и передачу. В синхронных системах связи этот момент может наступить только в случае поступления синхросигнала, сигнализирующий о начале нового слота.

В целях проведения оценки эффективности использования общего канала станциями связи разработана программа моделирования в пакете *MATLAB*.

Основной частью программы моделирования является цикл по временным слотам. Сама программа моделирует события, происходящие в момент начала очередного слота. Обработка этих событий разделена на четыре части:

- продолжение передачи, начатой в предыдущих слотах;
- начало новой передачи;
- анализ состояния канала связи после начала передачи (поиск коллизий);
- обработка успешных слотов.

Время работы модели разбито на отрезки времени, каждый отрезок времени разбит на слоты, как это показано на рис. 1.

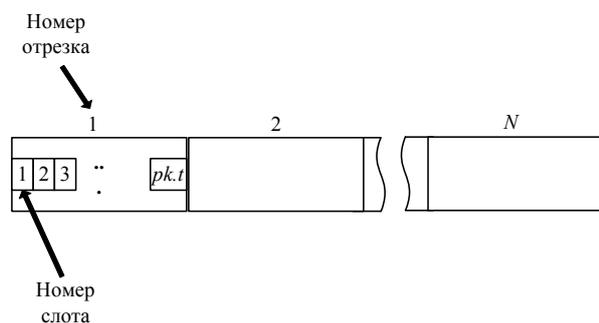


Рис. 1. Временные слоты в модели

Количество отрезков N и слотов pkt определяют переменными в модели. В пределах каждого отрезка времени программа задает параметры канала связи, затем производится моделирование канала связи для pkt временных слотов. Результатом моделирования являются следующие параметры: количество коллизий; сумма переданных пакетов; канальная скорость.

С точки зрения анализа основным является параметр величина канальной скорости S , который вычисляется на всех отрезках времени и хранится в результирующем массиве, на основе которого в дальнейшем строится график. Этот график отображает изменение скорости передачи канального уровня за время моделирования и дает наглядное представление, какой из применяемых наборов правил (протоколов) будет наиболее эффективным в данных условиях.

Попытки установления соединений производились при помощи правил доступа к среде следующих протоколов доступа к среде: *ALOHA*, *nonpersistent CSMA*, *1-persistent CSMA* и *p-persistent CSMA* [2, 3]. Итоговым результатом функционирования модели стало проведение эксперимента по установлению соединений при помощи адаптивного алгоритма, выбирающего правила доступа к среде того протокола связи, производительность которого была максимальной при данных условиях и оценка его эффективности, в сравнении с применяемыми стандартными протоколами доступа к среде. В результате функционирования модели производится построение двух графиков: график зависимости интенсивности G попыток передачи от времени и график зависимости канальной скорости S от времени для всех протоколов (рис. 2).

При постановке эксперимента, основанного на моделировании работы сети, состоящей из 7 станций, интенсивность попыток передач у которых изменялась в пределах от 0,05 до 0,5 кадров данных в 1 временной слот, количество временных слотов – 1000, количество слотов для передачи одного кадра – 3, максимальная задержка на повторную передачу – 10 слотов, максимальная задержка распространения сигнала между станциями – 0,1 слота, количество

проведенных попыток установления соединения – 1000, количество случайных чисел – 20, количество значений задержки – 10, количество значений интенсивности – 50, были получены следующие результаты.

1. Правила доступа к среде протоколов *ALOHA* и *1-persistent CSMA* показали наименьшую эффективность своего применения, в случае если интенсивность возникновения попыток передач G принимает значение выше 0,07.

Данный результат прогнозировался при математическом расчете эффективности применения правил доступа к среде [1] и объясняется отсутствием отсрочки на повторную передачу в случае возникновения коллизий и дальнейшим повторением коллизии в каждом последующем временном слоте. Негативный эффект усиливается для алгоритма *1-persistent CSMA* в случае увеличения временной задержки на распространение сигнала в связи с возрастанием вероятности возникновения коллизии.

2. Правила доступа к среде протокола *nonpersistent CSMA* наиболее эффективно справляются с коллизиями при высоком значении интенсивности попыток передач (более 10 во временной слот). При низких значениях интенсивности попыток передач применяют большие временные задержки на повторную попытку передачи, в результате чего менее эффективно используется время использования канала.

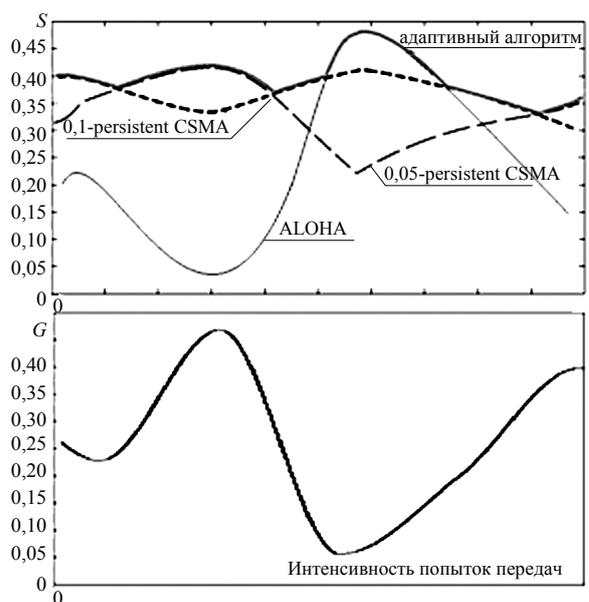


Рис. 2. Усредненные результаты моделирования

Также, как показала математическая модель, существенное влияние на эффективность применения *nonpersistent CSMA* оказывает значение задержки распространения сигнала. При возрастании задержки в протоколе *nonpersistent CSMA* увеличивается количество коллизий и в связи с большими временными задержками на повторную передачу происходит снижение эффективности его применения.

3. Алгоритм *p-persistent* показывает наибольшие средние значения эффективности, однако при экстремумах значения возникновения попыток пере-

дач G может уступать прочим протоколам доступа к среде.

4. Эффективность избегания коллизий и планирования повторных попыток передач адаптивного алгоритма доступа к среде показывает максимальные значения при всех условиях, учтенных в модели. Адаптивный алгоритм доступа к среде автоматически применяет набор правил доступа к среде того алгоритма, который показывает максимальную эффективность избегания коллизий и планирования повторных передач при тех условиях, в которых находится станция.

Выводы

1. Разработана имитационная модель сети связи, демонстрирующая эффективность снижения вероятности коллизий и планирования повторных передач для правил установления соединения различных алгоритмов доступа к среде.

2. Выполнено моделирование функционирования сети связи, в которой проводятся попытки установления соединения с применением правил доступа к среде следующих алгоритмов: *ALOHA*, *1-persistent CSMA*, *p-persistent CSMA* и *nonpersistent CSMA*, а также адаптивного алгоритма доступа к среде.

3. Анализ результатов позволил утверждать, что каждый из наборов правил установления соединения имеет преимущества в определенных условиях (интенсивности возникновения попыток установления передач, задержки распространения сигнала).

4. Установлено, что применение адаптивного алгоритма управления правилами доступа к среде в зависимости от условий среды позволяет максимально эффективно использовать время канала и избежать коллизий при установлении соединения. Среднее ожидаемое увеличение эффективности достигает 7,4 % в сравнении с наиболее успешным набором правил доступа к среде (*p-persistent CSMA*).

Библиографические ссылки

1. Климов И. З., Тетерин А. Н., Минин В. Е. Увеличение производительности сети радиосвязи за счет выбора оптимального набора правил доступа к среде // Вестник ИжГТУ. – 2011. – № 3(51).
2. Kleinrock L., Tobagi F. A. Packet Switching in Radio Channels. Part I. Carrier Sense Multiple-Access Modes and Their Throughput-Delay Characteristics // IEEE Transactions on Communications. – 1975. – Vol. COM-23. – No. 12 : 1400-1416.
3. Прокис Дж. Цифровая связь. – М. : Радио и связь, 2000.

I. Z. Klimov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. E. Minin, Applicant, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. A. Moshonkin, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Estimating the Efficiency of Using the General Channel in Digital Network

The imitation model of the radio network was created. The comparison of channel usage efficiency by various access protocols to the adaptive algorithm was carried out.

Key words: modeling of radio network, efficiency of channel usage by radio network, medium access rules, adaptation algorithm, data link layer.

УДК 621.317.7

В. А. Куликов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

К. А. Никитин, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

КАНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Представлена схема канала измерения температуры с термопреобразователем сопротивления высокого разрешения. Рассмотрена методика идентификации его параметров и приведены результаты исследования метрологических характеристик.

Ключевые слова: измерительный канал, идентификация параметров, термопреобразователь сопротивления, метрологические характеристики.

В различных областях промышленности широко применяются системы учета ресурсов с целью обеспечения контроля их рационального использования [1]. Например, в теплоэнергетике актуальными являются задачи определения уровня теплопотерь при транспортировке теплоносителей по трубопроводам, измерения теплофизических параметров теплоизоляционных материалов,

контроля температуры теплоносителя. Существующие методы измерения теплофизических параметров, например, градиентный метод, используемый для измерения плотности теплового потока в грунте [2], динамический метод измерения коэффициента теплопроводности [3] основаны на измерении температуры с последующим расчетом параметров по специальным формулам. Точность данных методов за-