

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

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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЩЕГО КАНАЛА СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

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

Ключевые слова: сеть связи, имитационное моделирование, эффективность канала радиосвязи, протокол доступа к среде, каналный уровень, слот, коллизии.

С целью повышения числа успешных попыток установления соединения в цифровой сети связи с общей средой предложен алгоритм адаптивного выбора правил доступа к среде. Для проведения анализа эффективности применения адаптивного алгоритма произведено имитационное моделирование сети с общим каналом связи.

Каждому набору правил доступа к среде соответствуют фиксированные значения таких параметров, как:

- наличие проверки занятости канала перед осуществлением доступа к среде;
- действие станции (по отношению к передаче кадра данных) после проверки канала;
- правила назначения повторной передачи (средняя задержка на повторную передачу и вероятность передачи в следующий слот).

В литературе [1] выделены следующие основные правила доступа в канал.

ALOHA

– При синхронном протоколе доступа станция осуществляет передачу в ближайшем следующем временном слоте после момента поступления кадра данных на передачу.

– Если в этот временной слот передается кадр данных лишь одной станции, то передача является успешной.

– В случае возникновения коллизии станция осуществляет повторную передачу через случайный период времени.

– В случае возникновения коллизии станция ожидает случайный промежуток времени и повторяет алгоритм.

Nonpersistent CSMA

– При поступлении кадра данных на передачу станция определяет занятость канала, прослушивая его.

– Если канал свободен, станция передает информацию.

– В случае обнаружения занятости канала или возникновения коллизии станция ожидает случайный промежуток времени и повторяет алгоритм.

1-persistent CSMA

– При поступлении кадра данных на передачу станция определяет занятость канала, прослушивая его.

– Если канал свободен, станция передает информацию.

– В случае обнаружения занятости канала ожидает освобождение канала и повторяет алгоритм.

– В случае возникновения коллизии станция ожидает случайный промежуток времени и повторяет алгоритм.

p-persistent CSMA

– При поступлении кадра данных на передачу станция определяет занятость канала, прослушивая его.

– Если канал свободен, станция с вероятностью p передает кадр данных, а с вероятностью $q=1-p$ передача откладывается на следующий временной слот.

– В следующем временном слоте (в случае если передача была отложена) передача данных или ожидание следующего слота происходят с вероятностью p и q соответственно. Этот процесс продолжается до тех пор, пока либо кадр не будет передан, либо пока другая станция не займет канал.

– В случае обнаружения занятости канала или возникновения коллизии станция ожидает случайный промежуток времени и повторяет алгоритм.

Адаптивный алгоритм доступа к среде

– Алгоритм сохраняет в статистике значения: интенсивности передач, количества коллизий, временное отклонение начала приема кадра от начала слота, количество активных станций сети.

– Алгоритм применяет правила доступа к среде того протокола, который в базе данных алгоритма соответствует содержащимся в статистике значениям.

В целях проведения анализа было произведено имитационное моделирование сети связи с общим доступом. Схема имитационной модели приведена на рис. 1. В течение заданного времени производится имитация работы станций в сети согласно правилам общего доступа [2], затем осуществляется вывод статистики работы сети связи.

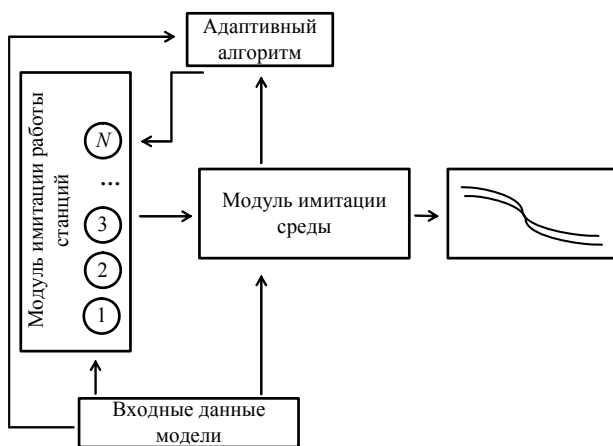


Рис. 1. Схема имитационной модели

Модель является программой для математического пакета MATLAB, состоящей из четырех модулей, один из которых является основной программой, в которой могут быть заданы параметры для моделирования; остальные три модуля являются функциями, необходимыми для работы основной программы.

Время работы модели разбито на отрезки времени, каждый отрезок времени разбит на слоты. В пределах каждого отрезка времени программа задает параметры канала связи, затем производится моделирование канала связи для временных слотов. Результатом моделирования являются следующие параметры: количество коллизий; сумма переданных пакетов; канальная скорость.

В модель введены допущения, что каждый канал связи, в котором осуществляется передача данных, является отдельным случаем, функционирующим независимо от иных каналов, на которых происходит связь других станций.

Допустим, имеется ограниченный частотный диапазон, в котором происходит взаимодействие между станциями, одновременно функционирующими в данном диапазоне. Использование общего канала диктует ограничения: станции не производят передачу данных, если в канале уже присутствует сигнал; при установлении соединения между станциями возможны коллизии, в результате которых процедура установления соединения будет сорвана и возникнет необходимость повторного установления соединения.

С целью определения вероятности успешного соединения производится моделирование множества сеансов с попытками установления связи. Определенное количество станций в случайный временной слот со случайной задержкой распространения сигнала производит процедуру соединения с одной из

станций, находящейся в ограниченном частотном диапазоне. Алгоритм функционирования имитационной модели представлен на рис. 2.



Рис. 2. Общий алгоритм имитационной модели

Для моделирования были применены следующие параметры:

- для передачи кадра данных используется 3 временных слота;
- количество активных станций сети составляет 4;
- максимальная задержка (в слотах) до повторной передачи – 10;
- интенсивность трафика G сформирована случайным образом и принимает значение от 0,01 до 15 попыток передач в 1 временной слот (рис. 2);
- время распространения сигнала между станциями составляет 0,001 сек;
- на каждом значении производилась 1000 экспериментов.

Результаты имитационного моделирования изображены на рис. 3. График *a* – изменение интенсивности попыток передачи во времени; *b* – графики зависимости канальной скорости от времени для разных правил доступа; *в* – график зависимости количества коллизий на 1000 слотов от времени для разных правил доступа.

Анализ результатов имитационного моделирования показал следующее.

1. Канальная скорость протокола ALOHA показывает низкую эффективность своего применения. С увеличением количества станций возрастает вероятность коллизий и, следовательно, снижается средняя скорость канального уровня. Данный протокол имеет самые низкие значения максимальной канальной скорости и становится полностью неприменимым в случае, когда $G > 8$. Полученные значения обоснованы тем, что протокол с высокой настойчивостью передачи ALOHA имеет высокую вероят-

ность коллизии в первый же свободный слот после передачи продолжительного кадра данных.

Протокол nonpersistent CSMA показывает плавное увеличение канальной скорости при росте интенсивности попыток передач G , однако эффективность применения данного протокола может уступать p -persistent CSMA в случае увеличения длины передаваемых кадров данных. Так, при условии, когда длительность кадра данных равна 3 слотам, протокол nonpersistent CSMA схож по максимальной величине канальной скорости с настойчивым протоколом ALOHA. С увеличением длительности кадров, наблюдается увеличение среднего значения канальной скорости, что непосредственно связано с количеством установлений соединения, являющихся самым уязвимым моментом с точки зрения возникновения коллизий.

Протокол p -persistent CSMA в зависимости от значения p имеет наибольшую эффективность, однако существенное влияние на канальную скорость данного протокола оказывает длина кадра данных. Кадры данных, сопоставимые по длительности с временными слотами, увеличивают вероятность коллизий за счет высокой интенсивности трафика

в общем канале. В данных условиях большое влияние вносит период задержки распространения сигнала, который является периодом уязвимости, когда станции могут зарегистрировать свободный канал, в то время как происходящая передача еще не достигла станции. Чем меньше значение p , тем более эффективно используется канал с увеличением интенсивности передачи.

Увеличение количества активных станций в сети в случае имитационного моделирования ведет к снижению средней канальной скорости в связи с увеличением вероятности коллизий. Так, когда длина кадров данных ограничена 3 слотами, увеличение количества активных станций с 3 до 15 снижает максимальную канальную скорость протоколов доступа к сети в целом на 20-30 % и перераспределяет порядок приоритетности применения правил доступа к среде. В случае с длиной кадра данных равной 70 слотов, существенно снижается значение канальной скорости для протокола с высокой настойчивостью передачи ALOHA, что связано с высокой вероятностью коллизии в первый же свободный слот после передачи продолжительного кадра данных.

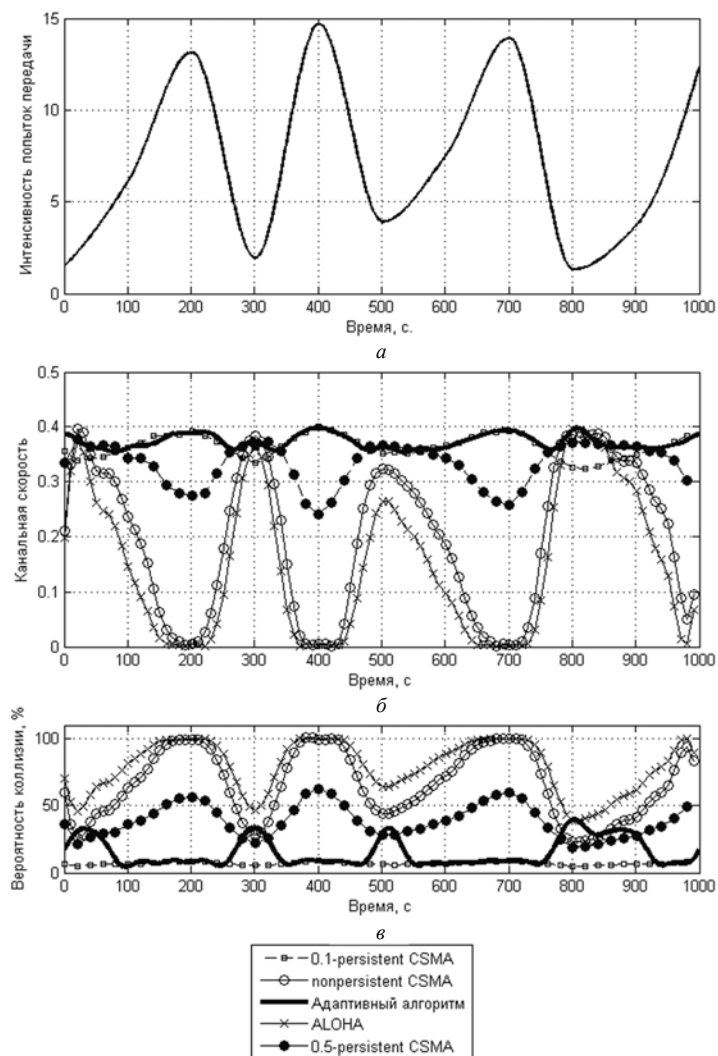


Рис. 3. Графическое представление результатов моделирования

Выводы

1. Имитационное моделирование показало рациональность применения адаптивного алгоритма доступа к среде, применяющего правила того протокола, который при заданных условиях среды покажет наибольшую канальную скорость передачи данных.

2. В моделируемом примере адаптивный алгоритм показал увеличение средней канальной скорости на 2,45 % в сравнении с наиболее эффективным протоколом 0.1-persistent CSMA.

3. В канале существует оптимальный диапазон значений коллизий, который характеризует наибольшую канальную скорость передачи данных при заданных условиях. В представленном примере максимальная канальная скорость принадлежит прото-

колу, процент коллизий в котором находится в диапазоне 5–30 %.

Библиографические ссылки

1. *Прокус Дж.* Цифровая связь. – М. : Радио и связь, 2000.

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. – P. 1400–1416.

3. *Tobagi F. A.* Random Access Techniques for Data Transmission Over Packet Switched Radio Networks. – School of Engineering and Applied Science, University of California, Los Angeles. UCLA-ENG-7499, December 1974.

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

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

A. V. Zhidiaev, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Simulation-Based Evaluation of the Common Network Channel Use Efficiency

The simulation model of the radio network is created. The comparison of the channel use efficiency is carried out by various access protocols within a simulation model.

Key words: radio network, simulation, radio network channel efficiency, medium access protocol, data link layer, slot, collisions.

УДК 621.376.9

О. А. Волков, соискатель, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

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

СИНТЕЗ ШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА С РАВНОМЕРНЫМ СПЕКТРОМ

Предложен метод формирования широкополосного сигнала с равномерным спектром. Рассмотрена возможность манипуляции таким сигналом. Выполнен анализ основных характеристик данного сигнала.

Ключевые слова: спектр сигнала, широкополосный сигнал.

Для широкополосных сигналов (ШПС), получаемых на основе случайных или псевдослучайных последовательностей, характерна неравномерность энергетического спектра, что приводит к целому ряду негативных последствий.

Во-первых, возникают серьезные затруднения с определением интервалов частот, пораженных мощными сосредоточенными помехами (СП). Во-вторых, влияние помех существенно различается для составляющих дискретного спектра сигнала. При необходимости режекции помех неравномерность спектра ШПС приводит к деформации отклика в полосе ШПС.

Целью данной работы является синтез ШПС с равномерным спектром для более достоверной передачи информации в каналах с неравномерным спектром аддитивных помех и селективными замираниями.

Задача решена на основе использования принципа эквивалентности временного и частотного представлений сигнала в дискретной частотной области, т. е. использования пары дискретных преобразований Фурье (ДПФ). Действительно, ШПС с равномерным спектром задан в дискретной частотной области, если фиксировано значение модуля его коэффициентов ДПФ [1]:

$$|C_S(k)| = A, \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1. \quad (1)$$

В то же время вариантность и шумоподобный характер такого сигнала могут быть обеспечены случайным значением фаз спектральных составляющих. Тогда коэффициенты ДПФ при минимальной разности представления: