



ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.396.9

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОСТАВКИ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНОЙ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СЕТИ PROBABILITY-TIME CHARACTERISTICS ESTIMATES OF DATA DELIVERY IN THE WIRELESS AD HOC NETWORK

К.А. Польщикова
K.A. Polshchikova

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

e-mail: polshchikova@bsu.edu.ru

Аннотация. В статье предложена аналитическая модель для оценки вероятностно-временных характеристик доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети. Для построения модели использован математический аппарат вероятностно-временных графов и производящих функций. В модели учитывается влияние мобильности абонентов и возможных деструктивных факторов на время и вероятность доставки сообщений.

Resume. The article offers an analytical model for assessing the probability-time characteristics of data delivery in the wireless ad hoc network. To construct a model of the mathematical apparatus of probability-time graphs and generating functions. The model takes into account the impact of mobile subscribers and potential destructive factors on the time and the probability of message delivery.

Ключевые слова: беспроводная самоорганизующаяся сеть, доставка данных, вероятностно-временной граф, виртуальное соединение.

Keywords: wireless ad hoc network, data delivery, probability-time graph, virtual connection.

Введение

Создание беспроводных самоорганизующихся сетей на современном этапе развития телекоммуникационной отрасли является перспективным научно-техническим направлением. Применение с этой целью известной технологии MANET (Mobile Ad-Hoc Networks) позволяет передавать информацию в условиях динамически изменяющейся топологии, обеспечивает высокую живучесть и быстрое развертывание сети [1]. Для повышения эффективности доставки данных в беспроводной самоорганизующейся сети (БСС) используется режим виртуальных соединений, включающий три основных этапа:

- 1) установление виртуального соединения между узлом-источником сообщения и узлом-получателем;
- 2) передача пакетов данных от узла-источника к узлу-получателю и квитанций в обратном направлении;
- 3) закрытие виртуального соединения между узлом-источником и узлом-получателем.

Быстрое изменение сетевой топологии приводит к преждевременным разрывам физических и виртуальных соединений, что существенно замедляет доставку данных [2]. Преждевременные разрывы виртуальных соединений возникают в БСС благодаря мобильности сетевых узлов, внешних деструктивных воздействий и других факторов (перегрузок, помех и т.д.) [3; 4].



Статья посвящена решению актуальной задачи, состоящей в разработке аналитической модели для оценки вероятностно-временных характеристик в БСС. Попытки решения подобной задачи представлены в работе [5], в которой предложены модели для расчета среднего времени доставки сообщения в беспроводной телекоммуникационной сети. Однако эти модели имеют существенные ограничения, т.к. не учитывают возможности перемещения и уничтожения узлов сети.

Постановка задачи

Рассматриваемую научно-техническую задачу можно представить в следующем формализованном виде.

Задано:

- 1) t_{Π} – среднее время передачи потока данных в процессе доставки сообщения;
- 2) t_{Υ} – среднее время установления виртуального соединения;
- 3) $t_{\Pi\Upsilon}$ – среднее время, требуемое для повторного установления виртуального соединения;
- 4) t_3 – среднее время закрытия виртуального соединения;
- 5) λ_1 – интенсивность разрывов виртуальных соединений, обусловленных мобильностью абонентов;
- 6) λ_2 – интенсивность разрывов виртуальных соединений, происходящих вследствие влияния деструктивных факторов;
- 7) λ_3 – интенсивность разрывов виртуальных соединений, связанных с влиянием других факторов;
- 8) n – разрешенное количество повторно устанавливаемых виртуальных соединений в процессе доставки сообщения.

Требуется: получить в аналитическом виде выражения для расчета величины $T_{\text{Д}}$ (среднего времени доставки сообщения в БСС) и величины $P_{\text{Д}}$ (вероятности доставки сообщения в БСС).

Допущение: зависимость вероятности преждевременного разрыва виртуального соединения от времени подчинена экспоненциальному закону.

Разработка модели

На основе сделанного допущения вероятность разрыва виртуального соединения в течение интервала времени τ может быть вычислена по формуле:

$$p = 1 - \exp[-\tau(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)]. \quad (1)$$

Для определения интервала времени τ можно использовать выражение:

$$\tau = \frac{t_{\Pi}}{m}, \quad (2)$$

где величина m соответствует количеству одинаковых по продолжительности интервалов времени, на которые в ходе моделирования разбивается процесс передачи сообщения. Чем выше величина m , тем большее число состояний исследуемого процесса учитывается в процессе моделирования и, следовательно, точнее определяются его характеристики.

Процесс доставки сообщения в БСС при $m = 2$ и $n = 2$ можно представить в виде вероятностно-временного графа (ВВГ), изображенного на рис. 1.

Началу доставки сообщения по сети от узла-источника к узлу-адресату соответствует вершина «Н». В течение среднего времени t_{Υ} осуществляется установление виртуального соединения. Состояние, в котором виртуальное соединение установлено в первый раз, соответствует вершине «У». Переход от вершины «Н» к вершине «У» моделируется функцией соответствующего ребра графа:

$$f_{\Upsilon}(z) = z^{t_{\Upsilon}}. \quad (3)$$

где z – параметр функции ребра.

С помощью эквивалентных преобразований [6–8] анализируемый ВВГ может быть преобразован к виду, изображенному на рис. 2.

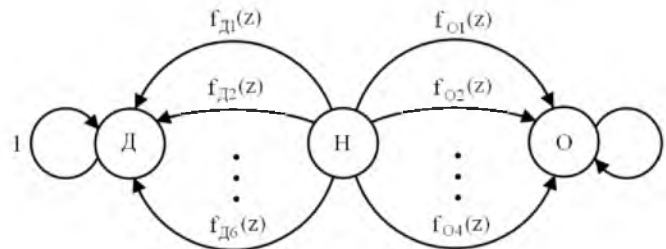


Рис. 2. ВВГ в преобразованном виде
Fig. 2. Graph with a transformed view

Для оценки величин T_D и P_D необходимо учесть функции всех переходов из вершины «Н» в вершину «Д» (рис. 2):

$$f_{Д1}(z) = f_Y(z) f_{H^2}(z) f_3(z); \quad (8)$$

$$f_{Д2}(z) = f_Y(z) f_{H^2}(z) f_P(z) f_{HY}(z) f_3(z); \quad (9)$$

$$f_{Д3}(z) = f_Y(z) f_{H^2}(z) f_P^2(z) f_{HY}^2(z) f_3(z); \quad (10)$$

$$f_{Д4}(z) = f_Y(z) f_{H^2}(z) f_P(z) f_{HY}(z) f_3(z); \quad (11)$$

$$f_{Д5}(z) = f_Y(z) f_{H^2}(z) f_P^2(z) f_{HY}^2(z) f_3(z); \quad (12)$$

$$f_{Д6}(z) = f_Y(z) f_{H^2}(z) f_P^2(z) f_{HY}^2(z) f_3(z). \quad (13)$$

Осуществление окончательных преобразований позволяет представить анализируемый ВВГ в виде, изображенном на рис. 3.

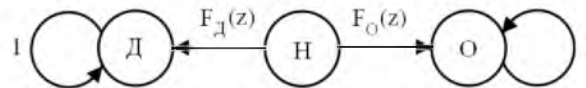


Рис. 3. ВВГ после окончательных преобразований
Fig. 3. Graph after the final transformation

Производящая функция, моделирующая переход из вершины «Н» в вершину «Д» (рис. 3) имеет следующий вид:

$$F_D(z) = f_Y(z) f_3(z) f_{H^2}(z) \left(1 + 2 f_P(z) f_{HY}(z) + 3 f_P^2(z) f_{HY}^2(z) \right). \quad (14)$$

Среднее время доставки сообщения в БСС может быть найдено с помощью выражения:

$$T_D = \left. \frac{dF_D(z)}{dz} \right|_{z=1}. \quad (15)$$

Для оценки вероятности доставки сообщения в БСС следует использовать формулу:

$$T_D = F_D(z) \Big|_{z=1}. \quad (16)$$

Заключение

Таким образом, на основе применения математического аппарата вероятностно-временных графов и производящих функций разработана аналитическая модель доставки данных в БСС. Новизна предложенной модели состоит в учете влияния мобильности абонентов и возможных деструктивных воздействий на вероятностно-временные характеристики моделируемого процесса. Применение полученных аналитических выражений позволяет оценить вероятность и среднее время доставки сообщения в БСС.

**Список литературы**
References

1. Бунин С. Г. Самоорганизующиеся сети со сверхширокополосными сигналами / С. Г. Бунин, А. П. Войтер, М. Е. Ильченко, В. А. Романюк. – К.: Наукова думка, 2012. – 444 с.
Bunin S. G. Samoorganizujushhiesja seti so sverhshirokopolosnymi signalami / S. G. Bunin, A. P. Vojter, M. E. Il'chenko, V. A. Romanjuk. – K.: Naukova dumka, 2012. – 444 s.
2. Осипов Е. А. Проблема реализации надежной передачи данных в самоорганизующихся и сенсорных сетях / Е. А. Осипов // Электросвязь. – 2006. – № 6. – С. 29–33.
Osipov E. A. Problema realizacii nadezhnoj peredachi dannyh v samoorganizujushhihsja i sensor-nyh setjah / E. A. Osipov // Jelektrosvjaz'. – 2006. – № 6. – S. 29–33.
3. Polshchykov K. O. Synthesis of neuro-fuzzy systems of data flows intensity control in mobile ad-hoc network / K. O. Polshchykov // Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 23rd International Crimean Conference. – Sevastopol, 2013. – P. 517–518.
Polshchykov K. O. Synthesis of neuro-fuzzy systems of data flows intensity control in mobile ad-hoc network / K. O. Polshchykov // Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 23rd International Crimean Conference. – Sevastopol, 2013. – P. 517–518.
4. Польщикова К. А. Об управлении интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети специального назначения // Научные ведомости БелГУ. – 2014. – № 21 (192). – Вып. 32(1). – С. 196–201.
Pol'shhikov K. A. Ob upravlenii intensivnost'ju potokov dannyh v mobil'noj radioseti speci-al'nogo naznachenija // Nauchnye vedomosti BelGU. – 2014. – № 21 (192). – Vyp. 32(1). – S. 196–201.
5. Рвачева Н. В. Аналитическая модель процесса доставки информационного сообщения в беспроводной телекоммуникационной сети / Н. В. Рвачева // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2010. – Вып. 5 (46). – С. 270–276.
Rvacheva N. V. Analiticheskaja model' processa dostavki informacionnogo soobshhenija v bespro-vodnoj telekommunikacionnoj seti / N. V. Rvacheva // Radiojelektronnye i komp'juternye sistemy. – 2010. – Vyp. 5 (46). – S. 270–276.
6. Польщикова К. А., Здоренко Ю. Н., Сова О. Я. Математическая модель передачи мультимедийного сообщения в телекоммуникационной сети с коммутацией пакетов // Научные ведомости БелГУ. – 2014. – № 15 (186). – Вып. 31(1). – С. 176–184.
Pol'shhikov K. A., Zdorenko Ju. N., Sova O. Ja. Matematicheskaja model' peredachi mul'timedijno-go soobshhenija v telekommunikacionnoj seti s kommutaciej paketov // Nauchnye vedomosti BelGU. – 2014. – № 15 (186). – Vyp. 31(1). – S. 176–184.
7. Невмержицкий И. М. Методика оценки эффективности протокола транспортного уровня TCP/IP / И. М. Невмержицкий, К. А. Польщикова, С. И. Шаповалов // Радиотехника. – 2001. – Вып. 121. – С. 203–205.
Nevmerzhickij I. M. Metodika ocenki jeffektivnosti protokola transportnogo urovnja TSR/IR / I. M. Nevmerzhickij, K. A. Pol'shhikov, S. I. Shapovalov // Radiotehnika. – 2001. – Vyp. 121. – S. 203–205.
8. Польщикова К. А., Кубракова Е. Н., Сокол Г. В. Математическая модель обслуживания запросов на резервирование пропускной способности каналов телекоммуникационной сети для передачи потоков реального времени // Проблемы телекоммуникаций. – 2014. – № 1 (13). – С. 74–83.
Pol'shhikov K. A., Kubrakova E. N., Sokol G. V. Matematicheskaja model' obsluzhivanija zaprosov na rezervirovanie propusknoj sposobnosti kanalov telekommunikacionnoj seti dlja peredachi potokov re-al'nogo vremeni // Problemy telekommunikacij. – 2014. – № 1 (13). – S. 74–83.