

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОКОЛА S-ALOHA В ПОДСИСТЕМЕ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ КАНАЛОВ ПО ТРЕБОВАНИЮ

А.О. Борукаева

alexbmstu.b@yandex.ru

SPIN-код: 6363-3089

П.Г. Бердиков

palber96@gmail.com

SPIN-код: 1680-2245

В.И. Филатов

vfil10@mail.ru

SPIN-код: 9514-7430

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрена такая характеристика пользователя для выбора протокола множественного доступа, как коэффициент пакетообразности. Приведено выражение для расчета данной характеристики. Проанализировано выражение для расчета коэффициента совместного использования радиоканала для коллективного источника трафика. Предложены варианты повышения пропускной способности радиоканала, совместно используемого абонентами с произвольным пакетообразным трафиком. Сделан вывод о том, что для сети, в которой пользователи с низким трафиком, генерирующие потоки одно-пакетных сообщений и требующих оперативной их передачи, выгоднее организовать информационный обмен на основе протокола случайного множественного доступа S-aloha.

Ключевые слова

Спутниковые системы связи, протокол множественного доступа, коэффициент пакетообразности, пропускная способность радиоканала, протокол случайного множественного доступа S-aloha, источник трафика, радиоканал, коэффициент совместного использования радиоканала

Поступила в редакцию 15.10.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Потребности современного общества в обмене различного рода информацией стимулируют бурное развитие спутниковых систем связи (ССС). Ограниченность пропускной способности спутника-ретранслятора и стремление обеспечить ее максимальное использование обуславливают необходимость организации таких систем на основе незакрепленных каналов связи.

Многие вопросы, возникающие при построении СССР, связаны с распределением ресурса сети связи среди конкурирующих требований на эти ресурсы между совокупностью независимо функционирующих потребителей сети. Для спутниковых сетей таким ресурсом является совокупность радиоканалов, образованных методами частотного и временного разделения на восходящем и нисходящем участках радиолинии соответственно. Для коллективного использования коммуникационного ресурса СССР существуют различные правила в виде совокупности однозначно определенных и обязательных для выполнения всеми пользователя-

ми сети процедур программно-аппаратной реализации — протоколы множественного доступа (МД). Выбор протоколов управления доступом к ресурсу является одной из основных задач при разработке ССС, поскольку от их характеристик в значительной степени зависит эффективность функционирования сети в целом. В такой системе необходимо иметь несколько вариантов протоколов, поскольку параметры радиосети, такие как уровень и характер трафика, количество и типы абонентов, качество радиосвязи и т. д., в реальных условиях эксплуатации могут изменяться в широких пределах. Для адаптации к текущему состоянию параметров требуется динамическая смена протоколов [1, 2].

Применение того или иного протокола в каждом конкретном случае позволяет удовлетворять требования потребителя в большей или меньшей степени. Это обусловлено тем, что время возникновения требований абонентов на часть ресурса, а также размеры этой части для пользователей различных классов различны. В связи с этим для выбора протокола МД необходимо формальное описание основных характеристик пользователя в виде, не зависящем от конкретно реализуемого в радиосети протокола. В качестве такой характеристики может быть использован коэффициент пакетобразности, определяющий степень разделенности источника сообщений на пакеты [4].

Рассматривая пользователя как простой источник трафика, который может быть смоделирован как случайный точечный процесс в момент поступления информации со средним временем между поступлениями сообщений T_{cp} , определим его коэффициент пакетобразности:

$$\delta = \frac{t_3^{-mp}}{T_{cp}},$$

где t_3^{-mp} — допустимое среднее время задержки сообщения в сети, определяемое спецификой абонента, m — число физических каналов; p — целое число.

Чем меньше δ , тем выше разделенность источника трафика на пакеты. При $\delta \gg 1$ абонент считается непакетообразным. Особенность данной характеристики состоит в том, что она не зависит от конкретно реализуемого в сети протокола МД и устанавливает нижнюю границу возможного применения того или иного протокола [3].

Пусть L — средняя длина передаваемых сообщений. Скорость передачи данных в канале связи R , необходимая для обслуживания рассматриваемого источника трафика, должна удовлетворять условию

$$R \geq \frac{L}{t_3^{-mp}}.$$

Непосредственным следствием данного выражения является то, что традиционный параметр, характеризующий абонента в конкретном проекте сети D — отношение максимальной скорости передачи данных в канале R к средней (L/T_{cp}), будет удовлетворять неравенству [9]

$$D = \frac{R}{L/T_{cp}} \geq \frac{T_{cp}}{t_3^{-mp}} = \frac{1}{\delta},$$

а коэффициент использования канала в случае применения протокола статического резервирования $U = 1/D$ будет подчиняться условию [5, 7]

$$U_{исп} \leq \frac{t_3^{-mp}}{T_{cp}} = \delta.$$

Для коллективного источника трафика, образованного слиянием N источников с различными параметрами, коэффициент совместного использования радиоканала будет удовлетворять неравенству [6]

$$U_{исп} \leq \sum \frac{t_{zi}^{-mp}}{T_{cpi}} = \delta_{\Sigma},$$

а D — неравенству

$$D \geq \frac{1}{\delta_{\Sigma}}.$$

Приведенная формула показывает, что для пользователей с высокой разделенностью на пакеты протоколы детерминированного МД как статического, так и динамического резервирования неэффективны. Для повышения пропускной способности радиоканала, совместно используемого абонентами с произвольным пакетобразным трафиком, целесообразно разбивать потоки данных на пакеты. Это обусловлено эффектом уплотнения и эффектом статистического усреднения закона больших чисел. Ключом к реализации этих преимуществ является выбор конкретных параметров протоколов случайного МД с целью уменьшения накладных расходов на разрешение конфликтных ситуаций [8, 10].

Определение пакетобразности не включает среднюю длину сообщений, генерируемых источником трафика. Таким образом, источник трафика может генерировать очень длинные сообщения, но все еще считаться пакетобразным. В связи с этим при выборе протокола и определении его параметров необходимо учитывать средний объем передаваемых сообщений, поскольку он оказывает большое влияние на значения характеристик выбранного протокола и определяет границы требуемой скорости передачи данных в радиоканале.

Анализ большого количества протоколов МД по предпочтительности их применения в зависимости от характеристик трафика пользователя показывает, что из всей совокупности протоколов можно выделить один класс протоколов в качестве наиболее предпочтительного для удовлетворения требований пользователя, генерирующего тот или иной тип трафика.

Таким образом, большое количество практических и теоретических разработок в области протоколов МД свидетельствует о том, что качество функционирования последних зависит от модели трафика и не существует какого-либо одного универсального протокола, способного в полной мере удовлетворить требованиям любого пользователя сети.

Поскольку в ССС, обеспечивающей информационное взаимодействие элементов автоматизированной системы управления, особое место занимают пользователи с низким трафиком, генерирующие потоки однопакетных (коротких) сообщений и требующие оперативную их передачу, в такой сети целесообразно организовывать информационный обмен на основе протокола случайного множественного доступа S-aloha. В таком протоколе для понижения уровня суммарного трафика до приемлемого значения предлагается использовать принцип деления нагрузки, для чего под передачу выделяется не один, а m реальных физических каналов. При этом процедура выбора того или иного канала может быть некоординируемой и иметь случайный характер.

Литература

- [1] Бунин С.Г., Войтер Л.П. *Вычислительные сети с пакетной радиосвязью*. Киев, Техника, 1989, 223 с.
- [2] Клейнрок Л. *Вычислительные системы с очередями*. Москва, Мир, 1979, 600 с.
- [3] Цимбал В.А., Шиманов С.Н. Трехуровневая модель комплексной оценки характеристик системы радиосвязи с кодовым многостанционным доступом к ретранслятору. *Компьютерные методы исследования проблем теории и техники передачи дискретных сигналов по радиоканалам. Тезисы доклада Всесоюзной НТК*. Москва, Радио и связь, 1990, с. 63.
- [4] Пролетарский А.В. Состав комплексных исследований по разработке интеллектуализированной системы управления перспективных средств выведения космических аппаратов. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*. 2011, спец. вып. «Информационные технологии и компьютерные системы», с. 88–98.
- [5] Камнев В. Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. *Спутниковые сети связи*. Москва, Альпина Паблишер, 2004, 536 с.
- [6] Саати Т. *Элементы теории массового обслуживания и ее приложения*. Москва, Советское радио, 1965, 510 с.
- [7] Михайлов В.С. *Теория управления*. Киев, Выща школа, 1988, 312 с.
- [8] Ширко А.И., Катygин Б.Г. Расчет вероятностей состояний канала сети ШБД при наличии «скрытых» станций. *Сб. док. II Межд. науч.-тех. конф. «Радиотехника, электроника и связь»*. Омск, Омский НИИ приборостроения, 2013, с. 115–122.
- [9] Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 3. *Мультисервисные сети*. Москва, Горячая линия-Телеком, 2003, 647 с.
- [10] Шамин А.А., Сонькин Д.М. Оценка пропускной способности систем пакетной передачи данных с «пульсирующей» нагрузкой канала связи. *Вычислительные технологии*, 2007, т. 12, № S1, с. 29–33.

Борукаева Александра Олеговна — студентка кафедры «Защита информации», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Бердиков Павел Геннадьевич — студент кафедры «Защита информации», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Филатов Владимир Иванович — кандидат технических наук, доцент кафедры «Защита информации», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

S-ALOHA PROTOCOL APPLICATION IN IN THE SATELLITE SUBSYSTEM WITH MULTIPLE ACCESS DEMAND

Borukaeva A.O.

alexbmstu.b@yandex.ru

SPIN-code: 6363-3089

Berdikov P.G.

palber96@gmail.com

SPIN-code:1680-2245

Filatov V.I.

vfil10@mail.ru

SPIN-code: 9514-7430

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

Such a user characteristic for choice of multiple access protocol as packet collision rate is considered. The expression for calculation of this characteristic is given. The expression for calculation of radiochannel multiple access coefficient for a collective traffic source has been analyzed. Options have been proposed for increasing the capacity of radiochannel shared by subscribers with arbitrary packet collision traffic. It is concluded that for a network in which users with low traffic, generating single-packet message streams and requiring prompt transmission, it is more advantageous to organize information exchange based on the S-aloha random multiple access protocol.

Keywords

Satellite communication system, multiple access protocol, packet collision rate, radio channel bandwidth, S-aloha random multiple access protocol, traffic source, radiochannel, radiochannel multiplexing ratio

Received 15.10.2018

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

References

- [1] Bunin S.G., Voyter L.P. Vychislitel'nye seti s paketnoy radiosvyaz'yu [Computational networks with packet radio communication]. Kiev, Tekhnika publ., 1989, 223 p.
- [2] Kleinrock L. Queueing Systems. Vol. 1. Wiley, 1975, 448 p. (Russ. ed.: Vychislitel'nye sistemy s ocheredyami. Moscow, Mir, 1979, 600 p.)
- [3] Tsimbal V.A., Shimanov S.N. Trekhurovnevaya model' kompleksnoy otsenki kharakteristik sistemy radiosvyazi s kodovym mnogostantsionnym dostupom k retranslyatoru [Three-tier model for complex characteristics assessment of radio communications system with code multiple access to retransmitter]. Komp'yuternye metody issledovaniya problem teorii i tekhniki peredachi diskretnykh signalov po radiokanalom. Tezisy doklada Vsesoyuznoy NTK [Computer methods for research of theory and radio channel transmission technique problems of discrete signals. Abs. of all-union sci.-tech. conf.]. Moscow, Radio i svyaz' publ., 1990, p. 63.
- [4] Proletarskiy A.V. Complex survey outline for development of intellectual control system of promising spacecraft launch vehicles. Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Priborostr. [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng.], 2011, spec. iss. "Information technologies and computer systems", pp. 88–98.
- [5] Kamnev V. E., Cherkasov V.V., Chechin G.V. Sputnikovye seti svyazi [Sattelite communication systems]. Moscow, Al'pina Pablisher publ., 2004, 536 p.

- [6] Saaty T.L. Elements of queueing theory with applications. Dover Pubns, 1983, 423 p. (Russ. ed.: Elementy teorii massovogo obsluzhivaniya i ee prilozheniya. Moscow, Sovetskoe radio publ., 1965, 510 p.)
- [7] Mikhaylov V.S. Teoriya upravleniya [Control theory]. Kiev, Vyshcha shkola publ., 1988, 312 p.
- [8] Shirko A.I., Katygin B.G. Raschet veroyatnostey sostoyaniy kanala seti ShBD pri nalichii "skrytykh" stantsiy [State probability calculation of broadband wireless access channel in presence of "hidden" stations]. *Sb. dok. II Mezhd. nauch.-tekh. konf. "Radiotekhnika, elektronika i svyaz"* [Proc. II Int. Sci.-Tech. Conf. "Radioelectronics, electronics and communication"]. Omsk, Omskiy NII priborostroeniya publ., 2013, pp. 115–122.
- [9] Kruk B.I., Popantonopulo V.N., Shuvalov V.P. Telekommunikatsionnye sistemy i seti. T. 3. Mul'tiservisnye seti [Telecommunication systems and networks. Vol. 3. Multiservice networks]. Moscow, Goryachaya liniya-Telekom publ., 2003, 647 p.
- [10] Shamin A.A., Son'kin D.M. Information capacity assessment of batch transmission system with "pulse" load of communication channel. *Vychislitel'nye tekhnologii*, 2007, vol. 12, no. S1, pp. 29–33.

Borukaeva A.O. — student, Department of Information Security, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Berdikov P.G. — student, Department of Information Security, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Filatov V.I. — Cand. Sc. (tech.), Assoc. Professor, Department of Information Security, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.