

Повышение пропускной способности спутниковых радиолиний

Седунов Д. П.¹, Привалов Д. Д.²

¹Седунов Денис Петрович / Sedunov Denis Petrovich – младший научный сотрудник;

²Привалов Денис Дмитриевич / Privalov Denis Dmitrievich – кандидат технических наук, руководитель группы, группа разработки систем спутниковой связи, АО «ОНИИП», г. Омск

Аннотация: представлены современные способы и средства, комплексное использование которых обеспечит существенный выигрыш в пропускной способности системы спутниковой связи.

Ключевые слова: спутниковая связь, пропускная способность.

Введение

Стоимость частотного ресурса, арендуемого у оператора геостационарных спутников связи, является существенной статьей затрат во всех случаях эксплуатации сетей и линий спутниковой связи. При определении арендной платы в качестве базовой составляющей принимается полоса частот, которую необходимо выделить для функционирования сети в час пик, а соответствующие этой полосе энергетические затраты учитываются с помощью повышающих коэффициентов. Необходимо максимально эффективно использовать всю предоставляемую полосу частот спутника-ретранслятора, т. е. обеспечить передачу наибольшего числа информационных символов на один герц полосы, а также, по возможности, не допускать использования в течение длительного времени только малой части предоставляемой полосы частот [1].

В настоящее время становятся востребованными системы спутниковой связи (ССС), предоставляющие широкополосный доступ в Интернет, поскольку они позволяют удовлетворить растущую потребность населения в получении различного рода информации и интерактивных услуг. Возможными решениями, направленными на минимизацию стоимости частотного ресурса таких ССС, являются:

- повышение пропускной способности спутниковых радиолиний и ограничение их энергетики [2; 3];

- оптимизация алгоритмов работы сетевых и транспортных протоколов, а также высокоуровневых приложений под работу в ССС.

Таким образом, повышение пропускной способности спутниковых радиолиний является важной и актуальной задачей, решаемой на этапе проектирования системы. Поэтому в работе показаны современные подходы повышения пропускной способности, комплексное использование которых обеспечит ощутимый выигрыш при дальнейшей эксплуатации ССС, предоставляющих широкополосный доступ в Интернет.

Повышение пропускной способности спутниковых радиолиний

DVB-S2 – это спецификация стандарта широкополосного спутникового вещания, разработанная на базе отработанных технологий DVB-S (Digital Video Broadcasting-Satellite) [4; 5]. Данный стандарт основан на применении более эффективного помехозащищенного кодирования: LDPC – кода с малой плотностью проверок на четность и BCH – кода Боуза – Чоудхури – Хоквингема [6; 7]. Это позволяет увеличить пропускную способность на значения порядка 30 % и более в сравнении с DVB-S [8].

Важным преимуществом стандарта DVB-S2 является реализация подхода адаптивного кодирования и модуляции для прямого канала. В зависимости от условий распространения сигнала от ЦЗС к абонентским станциям, такой подход позволяет изменять тип модуляции для каждого переданного пакета данных. Это обеспечивает передачу данных с максимально возможной скоростью.

Типами модуляции являются: квадратурная фазовая манипуляция (КФМН), восьмеричная фазовая модуляция (ФМН8), амплитудно-фазовая манипуляция (16АФМН и 32АФМН) [9; 10]. Тем не менее модуляции 16АФМН и 32АФМН находят ограниченное применение из-за предъявляемых высоких требований к линейности усилителя, установленного на транспондере ИСЗ [11].

Подобное изменение скоростей кодирования и типов модуляции можно осуществить и в обратном канале (от абонентской станции до ЦЗС, inroute). На данный момент производители модемного оборудования для обратных каналов применяют собственные модификации стандарта DVB-RCS [12; 13].

Дальнейшее повышение пропускной способности связано с применением различных «ухищрений» для некоторых уровней модели взаимодействия открытых систем (OSI) [14]. Для физического уровня возможно совмещение частот прямого и обратного каналов [15]. Ухудшение энергетического запаса в таком случае составит 1–1,5 дБ, что нужно учитывать при проектировании ССС.

Оптимизация алгоритмов работы сетевых и транспортных протоколов, а также высокоуровневых приложений

Снижение трафика передаваемых данных достигается за счет сжатия заголовков пакетов сетевого и транспортного уровней. Для более эффективного использования канальных ресурсов были разработаны методы мультипротокольной инкапсуляции [16].

Следующим шагом является TCP-акселерация, которая позволяет генерировать квитанции не на приемной, а на передающей стороне, необходимые для подтверждения корректного приема сообщений и реализованные с помощью транспортного протокола. Данная необходимость вызвана большими

расстояниями, проходимыми сигналом между конечными точками. Это вызывает достаточно большую задержку между отправленным сообщением и полученной квитанцией и, как следствие, приводит к значительному снижению скорости передачи данных [17; 18].

Дальнейшее повышение эффективности обеспечивается высокоуровневой оптимизацией. Снижение нагрузки на канал может быть обеспечено сжатием HTTP-содержимого, выполняемого на прикладном уровне (например, графических файлов). Уменьшение запросов от абонентских станций можно обеспечить предварительной подгрузкой связанных web-объектов в кэш-память станции на основе анализа ее запросов, а также оптимизировать передачу повторяющихся сообщений.

Заключение

На основе проведенного анализа можно выделить следующие направления, обеспечивающие повышение пропускной способности спутниковых радиолиний:

1. Применение высокоэффективного помехоустойчивого кодирования: LDPC и BCH.
2. Обеспечение режима адаптивной модуляции и кодирования как в прямом, так и в обратном каналах.
3. Совмещение несущих частот прямого и обратного канала.
4. Сжатие заголовков пакетов сетевого и транспортного уровней.
5. Мультипротокольная инкапсуляция.
6. TCP-акселерация.
7. Высокоуровневая оптимизация работы системы.

Таким образом, значительное повышение пропускной способности спутниковых радиолиний, влекущее за собой снижение капитальных и эксплуатационных расходов, можно достичь за счет совместного применения указанных методов, подходов и средств. Они должны максимально адаптировать разрабатываемую ССС под условия среды, в которой осуществляется передача данных, под задачи, которые ставятся перед оператором сети, под виды трафика и различные типы приложений и сервисов.

Литература

1. Барсков А. Спутниковая связь: оптимизация на всех уровнях // Журнал сетевых решений / Телеком. – 2012. – № 4. – [Электронный ресурс]: URL: <http://www.osp.ru/telecom/2012/04/13014750> (дата обращения: 27.08.2015).
2. Дятлов А. П. Системы спутниковой связи с подвижными объектами: учебное пособие. – Таганрог: ТРТУ, 1997. – Ч. 1. – 95 с.
3. Новак А. Э., Привалов Д. Д. Современные средства расчета энергетического бюджета спутниковых линий связи // Техника радиосвязи. – 2015. – Вып. 2 (25). – С. 11–21.
4. Электромагнитная совместимость систем спутниковой связи / под ред. Л. Я. Кантора и В. В. Ноздрина. – М.: НИИР, 2009. – 280 с.
5. Eroz M., Sun F.-W., Lee L.-N. DVB-S2 Low Density Parity Check Codes with near Shannon Limit Performance // International Journal on Satellite Communication Networks. – 2004. – № 22. – P. 269–279.
6. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.
7. LDPC Codes, Application to Next Generation Communication Systems / Dr. Lin- Nan Lee Vice President. – Hughes Network Systems, Germantown, Maryland 20854, October 8, 2003.
8. ETSI EN 302 307-1 v. 1.4.1 (2014-11). Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Inter- active Services, News Gathering and other broadband satellite applications. – Part 1: DVB-S2.
9. Феер К. Беспроводная цифровая связь: методы модуляции: пер. с англ. / под ред. В. И. Журавлёва. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
10. ETSI EN 300 421. Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services.
11. ETSI TR 102 376 v. 1.1.1 (2005-02). Digital Video Broadcasting (DVB); User guidelines for the second generation system for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2).
12. ETSI TS 101 545-2 v. 1.2.1 (2014-04). Digital Video Broadcasting (DVB); Second Generation DVB Interactive Satellite System (DVB-RCS2); Part 2: Lower Layers for Satellite standard.
13. Pat. US 20110143654 A1. Link performance difference metrics and link adaptation for mesh satellite networks / Punit Mukhija. - № US 12/815,597; appl. 15.06.2010; publ. 16.06.2011.
14. DoubleTalk Carrier-in-Carrier Bandwidth Compression // Comtech EF Data. – 2015. – [Электронный ресурс]: URL: <http://www.comtechefdata.com/technologies/doubletalk> (дата обращения: 27.08.2015).
15. ETSI TS 102 606 v. 1.1.1 (2007-10). Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol.
16. Паркер Т., Сиян К. TCP/IP для профессионалов: учебное пособие. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 859 с.

17. *Спайдер Й.* Эффективное программирование TCP/IP: учебное пособие. – СПб.: Питер, 2002. – 320 с.
18. *Зинченко А. Н.* Эффективные решения ViaSat для широкополосных спутниковых сетей // Спутниковая связь и вещание. – М.: ФГУП «Космическая связь», 2010. – Спецвыпуск. – С. 46–47.