

Повышение эффективности использования спутникового ресурса 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 Омский научно-исследовательский институт приборостроения «ОНИИП», г. Омск

Аннотация: проведен обзор методов предоставления множественного доступа к частотному ресурсу систем спутниковой связи. Даны рекомендации по их выбору в зависимости от требований, предъявляемых к системам спутниковой связи.

Ключевые слова: множественный доступ, искусственный спутник Земли, 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 представляемой 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:

- динамическое перераспределение полосы частот по требованиям между абонентскими станциями. При этом оно не должно приводить к значительному частотному уплотнению каналов связи и удорожанию системы;
- 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 эффективности использования частотного ресурса геостационарного спутника-ретранслятора является важной и актуальной задачей, решаемой на этапе проектирования системы. Поэтому в работе даны рекомендации по использованию методов обеспечения множественного доступа, а также показаны современные подходы повышения пропускной способности, комплексное использование которых обеспечит ощутимый выигрыш при дальнейшей эксплуатации ССС, предоставляющих широкополосный доступ в Интернет.

Методы предоставления множественного доступа

Как правило, каждая ССС основана на нескольких методах предоставления множественного доступа в зависимости от предъявляемых требований и типа трафика.

Метод множественного доступа с частотным разделением (МДЧР) [4–6]. Основным недостатком такого метода является необходимость выделения одному и тому же пользователю нескольких каналов с целью увеличения скорости передачи данных. В этом случае необходимо, чтобы модемное устройство пользователя было способно обрабатывать несколько частотных каналов приема. К достоинствам можно отнести относительную простоту реализации модемного оборудования.

Метод множественного доступа с временным разделением (МДВР). К одному из главных достоинств этого метода можно отнести возможность предоставления одному пользователю нескольких каналов, просто выделив ему несколько временных интервалов. Основным недостатком является сложность обеспечения временной синхронизации всех пользователей.

Метод множественного доступа с кодовым разделением (МДКР). Заключается в модулировании информационных сигналов различных пользователей с помощью расширяющих кодов. Однако при этом необходима многоступенчатая регулировка мощности излучаемых сигналов для каждого пользователя с целью выравнивания уровней принятых сигналов, вызванных пространственным разнесением пользователей. Этот факт оказывает существенное негативное влияние на работу усилителя мощности ретранслятора ИСЗ и определяет один из важных отрицательных моментов данного метода.

Метод множественного доступа с пространственным разделением (МДПР). Пространственное

разделение реализуется с помощью многолучевой антенной системы, установленной на спутнике-ретрансляторе [4; 5]. Кроме того, применяются комбинированные методы, например метод множественного доступа с частотно-временным разделением (МДЧВР), который объединяет в себе преимущества методов МДЧР и МДВР [7].

В дальнейшем будем рассматривать методы МДЧР и МДВР как методы, получившие наиболее широкое распространение в ССС.

Топологии построения сети

ССС, содержащие несколько десятков абонентских станций, целесообразно строить по топологии «звезда» [8]. В этом случае все терминалы взаимодействуют друг с другом только через центральную земную станцию (ЦЗС). Преимуществом такого построения является обеспечение выполнения требований системы оперативно-розыскных мероприятий, предъявляемых к операторам системы связи при организации и проведении обслуживания абонентов. Кроме того, применяя на ЦЗС антенны большого диаметра и мощные передатчики, появляется возможность снижения стоимости абонентских станций за счет использования в них более дешевой и маломощной аппаратуры. При этом низкие значения энергетических характеристик абонентских станций компенсируются оборудованием ЦЗС [2]. Однако необходимо заложить высокий уровень надежности центральной станции, используя резервирование оборудования, что обуславливает ее высокую стоимость.

Проведем примерную оценку стоимости модемного оборудования, необходимого для построения ССС по топологии «звезда», с целью определения подходящего метода предоставления множественного доступа в зависимости от количества абонентов. При обеспечении работы сети по методу МДЧР необходимо каждому абоненту предоставить два частотных канала: один – на передачу, другой – на прием. Каждый канал будет работать на своей несущей частоте (один канал на несущую) [8]. На центральной станции для каждого абонента устанавливается по 1 модему. Таким образом, общее число модемов, необходимых для построения ССС по методу МДЧР, равно $2N$, где N – число абонентских станций (рис. 1). В принципе, канал передачи данных от ЦЗС к абонентской станции (прямой канал, outroute) можно организовать с помощью множества каналов на одну несущую, но это значительно повысит стоимость модемного оборудования ЦЗС, хотя и позволит заменить N модемов на передачу одним и динамически перераспределить трафик прямого канала между абонентскими станциями.

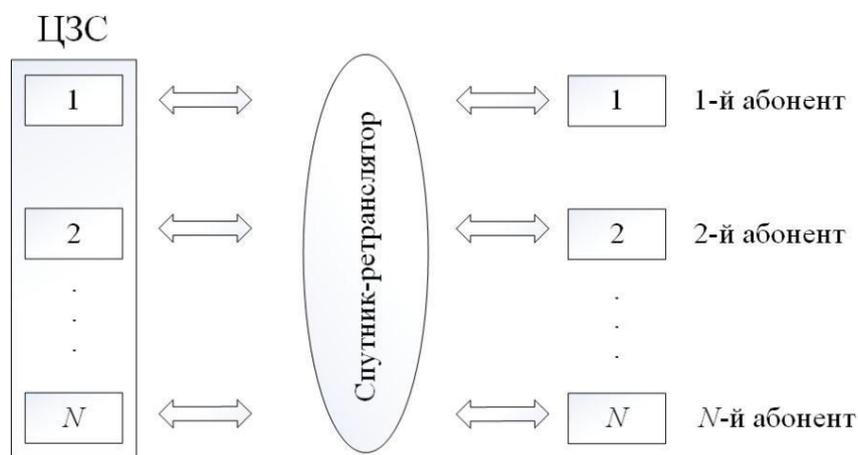


Рис. 1. Структурная схема построения ССС с частотным разделением абонентских станций

Для реализации связи по методу МДВР достаточно иметь на ЦЗС один модем, который будет осуществлять связь между всеми абонентами. Однако он должен быть достаточно высокоскоростным и обладать рядом дополнительных функций, например такой, как обеспечение синхронизации всех абонентских станций, поэтому его стоимость значительно превосходит стоимость терминальных модемов. Прямой канал работает в режиме временного уплотнения и обеспечивает динамическое перераспределение трафика. Как правило, прямой канал является широкополосным. На рис. 2 представлена структурная схема реализации метода МДВР. Видно, что в этом случае достаточно $N+1$ модемов.

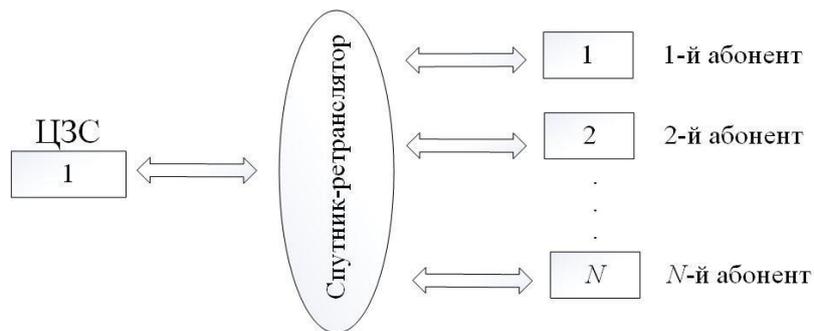


Рис. 2. Структурная схема построения ССС с временным разделением абонентских станций

На рис. 3 представлена средняя стоимость модемного оборудования, необходимого для построения ССС по топологии «звезда», поддерживающего методы МДЧР и МДВР, в зависимости от числа абонентов. В качестве примера использованы модемы UHP-1000 (ф. «Истар», Россия), HN1040 (ф. «Hughes Network Systems, LLC», США), PSM-4900L (ф. «Datum Systems», США), CDM- 570L (ф. «Rusat», Россия). Как видно на рис. 3, метод МДЧР выгоден при наличии ограниченного количества абонентов (до 50 шт. в данном примере). При большом числе абонентов экономически выгодно ставить оборудование, поддерживающее метод МДВР. При этом в расчет не включается стоимость спутника-ретранслятора, поскольку один и тот же спутник-ретранслятор может использоваться как для технологии МДВР, так и для МДЧР.

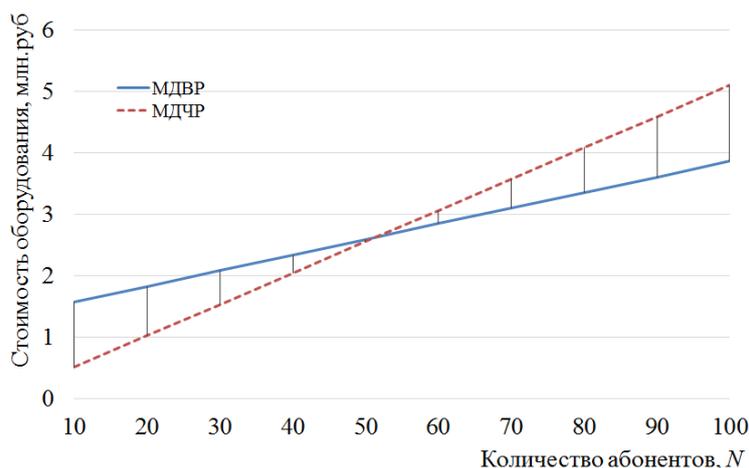


Рис. 3. Зависимость средней стоимости модемного оборудования, поддерживающего методы МДВР и МДЧР, от количества абонентов

Также для повышения эффективности использования емкости транспондера ИСЗ можно применять многостанционный доступ с предоставлением ресурса по требованию вместо обеспечения доступа на постоянной основе [4; 8]. Поскольку занимаемая системой связи полоса частот спутника-ретранслятора определяется в основном максимальной скоростью передачи информации всеми абонентскими станциями в период наибольшей нагрузки на сеть, то имеет смысл переназначать каналы тем абонентам, которые в данный момент требуют наибольшую скорость передачи данных. Для сети, работающей по методу МДЧР, в роли каналов выступают частотные каналы, а для сети, работающей по методу МДВР, – временные слоты (интервалы).

ССС, предоставляющая широкополосный доступ в Интернет, обладает значительной асимметрией трафика. Объем информации, пересылаемой со всех абонентских терминалов на ЦЗС, в несколько раз меньше объема информации, передаваемой самой ЦЗС. В этих сетях для передачи высокоскоростного (до 40 Мбит/с) потока данных от ЦЗС к абонентским терминалам используется широко применяемая технология DVB, а доступ терминалов к спутниковому сегменту (для передачи данных на ЦЗС) осуществляется по методу МДВР или МДЧВР [9].

Заключение

На основе проведенного анализа можно выделить следующие направления, обеспечивающие повышение эффективности использования частотного ресурса:

1. Топология построения сети – «звезда».

2. Обеспечение режима предоставления множественного доступа: МДЧР при числе абонентов N менее 50, МДВР – при N более 50.

3. Выделение каналов по требованию при работе абонентов в переменном режиме.

Таким образом, значительное повышение эффективности использования спутникового ресурса, 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. – 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. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – 2-е изд., испр. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.
5. Голдсмит А. Беспроводные телекоммуникации: пер. с англ. – М.: Техносфера, 2011. – 904 с.
6. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь: пер. с англ. – М.: Связь, 1979. – 592 с.
7. Пехтерев С. В., Андреев А. В., Ермакова Е. Ю. Выбор технологии и системы спутниковой связи для корпоративной или ведомственной связи // Сети и системы связи. – 2007. – № 7. – URL: http://www.ccc.ru/magazine/depot/02_02/read.html?0201.htm (дата обращения: 27.08.2015).
8. Salomon J. Handbook on Satellite Communications. – 3rd edition. – John Wiley & Sons. Inc., and ITU., 2002. – 1076 с.
9. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.