

КОСМОС И ИНФОРМАТИКА

Повышение эффективности передач данных через связанные спутники на геостационарной орбите

Efficiency increase of data transmissions via satellites in a geosynchronous orbit

Ключевые слова: геостационарные системы спутниковой связи – geostationary satellite communication system; протокол управления передачей – transmission control protocol; подтверждение приема – acknowledgement; моделирование – simulation.

Проанализированы проблемы передачи данных между компонентами распределенных автоматизированных систем испытаний сложных технических комплексов. Описаны способы повышения достоверности и снижения времени передачи данных по спутниковому каналу связи.

Data transfer's problems in geographically distributed automated systems of difficult technical objects's tests are analyzed in the article. Methods of reliability's increase and transmission time's lowering in the systems of satellite communication are presented.

В жизненном цикле ракетной техники важную роль играют длительные и всесторонние ее испытания. Испытания проводят при проектных работах, при отработке опытных образцов на заводах-изготовителях, на специальных полигонах со сложными распределенными полигонными измерительными комплексами. Тщательно контролируется поведение изделий на активном участке полета с помощью сети измерительных пунктов со средствами оптических, радиолокационных, телеметрических и других измерений. Для управления объектами, для мониторинга их состояния в наземных автоматизированных комплексах управления функционируют отдельные командно-измерительные комплексы. Из соображений безопасности на случай возможной аварии ракеты, стартовые позиции, районы падения компонентов ракетной техники, выделенные полигонам и космодромам, размещают в малонаселенной местности, где отсутствует телекоммуникационная инфраструктура. Связь между удаленными друг от друга компонентами измери-

БИСТЕРФЕЛЬД / BISTERFELD O.

Ольга Александровна

(bist19@yandex.ru)

кандидат технических наук,
доцент кафедры общей и теоретической физики
и методики преподавания физики,
ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный университет
имени С.А. Есенина»,
г. Рязань

тельных комплексов полигонов и космодромов обеспечивается по спутниковым каналам.

Рыночные условия диктуют жесткие ограничения на сроки, финансовые и производственные ресурсы. Необходимы повышение уровня автоматизации процессов измерительного обеспечения пусков ракет и снижение потребности в ресурсах, в том числе в высококвалифицированном обслуживающем персонале.

При передаче файлов телеметрической информации, формируемых на измерительных пунктах, используются как режимы реального времени («репортаж»), так и режимы отложенной транспортировки. Основные объемы данных передаются в монопольном режиме. Спутниковый сегмент канала связи в указанном применении обуславливает, во-первых, повышенную интенсивность искажений передаваемых в режиме реального времени данных, а во-вторых, значительную задержку сообщений по обратной связи при передаче в режиме гарантированной доставки данных.

Известны эвристические способы повышения надежности передачи данных при применении систем спутниковой связи. В способе [1] в период регистрации данных телеизмерений передается только часть данных в реальном времени с выполнением при этом требований по времени доставки и по достоверности передачи, а после периода регистрации – гарантированно доставляются все зарегистрированные данные по протоколу с подтверждением. Сокращением данных, передаваемых в реальном времени, создается временной резерв, который используется для повышения достоверности передач данных: помимо использования помехоустойчивого кодирования блоков

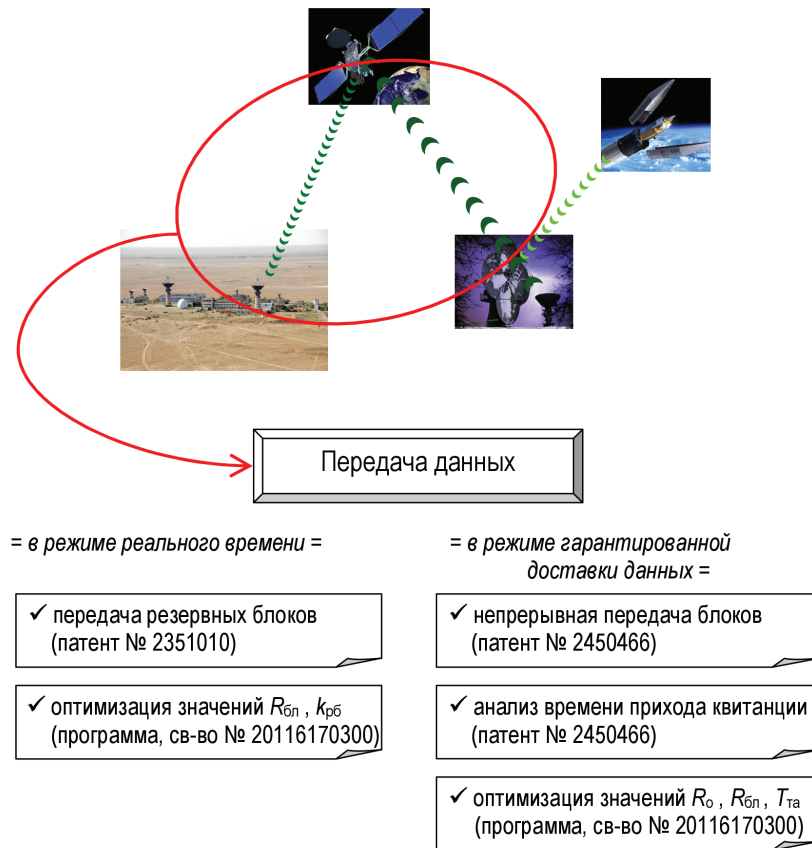


Рис. 1. Способы повышения эффективности передач данных

данных для каждого передаваемого блока данных формируются и передаются один или несколько резервных блоков. Но при этом критичный сегмент связи (через спутники-ретрансляторы на геостационарной орбите) постоянно нагружается передачей данных с предельно допустимой для канала скоростью их пересылки. Так как вероятность искажения символов сообщений на предельной частоте зачастую существенно больше вероятности искажения при меньшей частоте передач, выигрыш в повышении достоверности за счет передачи резервных блоков может быть в значительной степени нивелирован ухудшением качества передачи из-за предельной загрузки канала связи. Накопление на стороне – источнике телеизмерений больших объемов данных с последующей их передачей с использованием протоколов с подтверждением также приводит к длительной загрузке канала связи передачами данных на предельной скорости их пересылки. Из-за высокого уровня искажений при передаче на предельной частоте существенно возрастает время на повторные передачи блоков данных.

В условиях применения спутников-ретрансляторов на геостационарной орбите использо-

вание обычных рекомендаций к выбору размеров блоков данных и размеров окна блоков в протоколах с подтверждением приводит к тому, что после отправки окна блоков данных передающая сторона находится на достаточно большом отрезке времени в состоянии ожидания поступления квитанции от приемной стороны. В известных способах [2] такие отрезки времени не используются для повышения эффективности передач данных. За время ожиданий квитанций после передачи одного окна данных, когда в существующих способах с подтверждением приостанавливается передача, была бы возможна передача еще нескольких сотен окон данных (при пропускной способности 108 бит/с).

В монопольном канале связи отсутствуют передачи каких-либо иных потоков данных. Отрезок времени от момента окончания отправки передающей стороной окна данных и до момента поступления квитанции с приемной стороны является детерминированным – длительность его не подвержена существенным флуктуациям. Однако такая особенность в известных способах [2] не используется для повышения достовер-

ности передачи данных и для повышения эффективной пропускной способности канала связи.

Возможные пути повышения эффективности передач данных в монопольном режиме спутникового канала связи показаны на рисунке.

Моделирование протоколов передач данных позволяет парировать зависимость надежностных характеристик канала от интенсивности передач данных. В процессе подготовки к передаче данных необходимо проведение тестирования канала связи и оценка его фактических характеристик. При тестировании передают в режиме без подтверждения блоки тестовых данных, изменяя размер передаваемых блоков и скважность передачи. На приемной стороне подсчитывают количество искаженных блоков при различных параметрах тестовых данных. Полученные данные используют в качестве исходных для моделирования [3, 4].

В режиме реального времени осуществляется передача текущих блоков измерительной информации, а также одного или нескольких резервных блоков. В соответствии с данными моделирования устанавливают размер блока данных и при необходимости временную задержку перед выдачей символов в канал связи. На принимающей стороне осуществляются прием блоков данных и выбор блока, содержащего неискаженную информацию или, при условии отсутствия такого блока, восстановление наименее искаженного блока данных.

При передаче всего зарегистрированного объема данных, как и в известных способах [2], на передающей стороне формируется и передается в канал связи окно блоков данных. В отличие от известных способов новые окна данных формируют и передают в канал связи с незначительной задержкой (первая задержка), но без ожидания прихода квитанции от приемной стороны. Все переданные в канал связи окна блоков данных запоминают, причем для каждого блока запоминают также сумму момента времени передачи в канал связи и детерминированного отрезка времени, необходимого на доставку квитанции от приемной стороны (эта сумма — первый момент времени — определяет возможный момент времени поступления квитанции об искажении переданного блока данных). Указанная выше первая задержка необходима для разделения возможных моментов прихода квитанций об искажении последнего блока в окне, квитанции о передаче окна данных без искажений и квитанции об искажении первого блока следующего окна. Для реализации обязанности такого разделения на приемной стороне выдачу квитанции о передаче окна без искажений задерживают на некоторое время — вторая задержка (например,

примерно на половину первой задержки). Размер блоков данных, число блоков в окне и скважность передач данных устанавливают по результатам моделирования.

При получении квитанции от приемной стороны и при обнаружении искажений в данных квитанции на передающей стороне регистрируется момент прихода искаженной квитанции (по процедурам, реализованным в известных способах [2], при обнаружении искажений квитанций факт их поступления использовать нельзя, так как возможно, например, искажение номера блока, искаженного при передаче). Из массива блоков, переданных в канал связи находят запись, у которой совпадает (в пределах возможной точности) с моментом прихода искаженной квитанции указанный выше первый момент времени (была передана квитанция об искажении данного блока данных) или (для последнего блока в окне данных) совпадает с моментом прихода искаженной квитанции сумма первого момента времени и второй задержки (была передана квитанция о правильной передаче окна данных). В условиях монополизации канала связи между передающей и приемной стороной и, связанной с этим, детерминированности времени передач сообщений, это позволяет, несмотря на искажение квитанций, правильно идентифицировать содержимое квитанции. При приеме квитанции, подтверждающей правильную передачу окна данных, из запоминающего устройства, хранящего переданные в канал связи блоки данных, соответствующую часть массива удаляют. При приеме квитанции с номером искаженного блока данных, повторяют передачу указанного блока и следующих за ним блоков в окне данных.

Описанные подходы позволяют повысить достоверность передачи в режиме реального времени и уменьшить совокупное время доставки всех зарегистрированных данных в режиме гарантированной доставки данных.

Литература

1. Везенов В.И., Марченков Р.Е., Новиков Ю.А., Пресняков А.Н. Способ передачи информации по каналам связи в реальном времени и система для его осуществления. / Патент РФ № 2423004, 27.07.2009.
2. Камер, Д.Э. Сети TCP/IP, том 1. Принципы, протоколы и структура. — М.: Издательский дом «Вильямс», — 2003. — 880 с.
3. Бистерфельд О.А. Способ передачи информации по каналам связи и система для его осуществления. Патент РФ № 2450466, 29.04.2011.
4. Бистерфельд О.А. Программа имитационного моделирования передач данных по каналу связи со спутниковым сегментом. / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011617030 от 09.09.2011 Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.