

# Пути повышения эффективности передач данных при испытаниях и пусках ракет различного назначения

**Бистерфельд О.А.**

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», г. Рязань

## Аннотация

Проанализированы особенности передачи данных между компонентами распределенных полигонных измерительных комплексов при испытаниях ракет. Предложено парировать зависимость надежностных характеристик спутникового канала от интенсивности передач путем оптимизации параметров управления транспортным протоколом; передавать данные без приостановки во время ожидания квитанций; анализировать время поступления сообщений обратной связи. Описанные подходы позволят повысить достоверность передачи в режиме реального времени и снизить время доставки в режиме отложенной транспортировки.

**Ключевые слова:** эффективность; передача данных; пуск ракеты; спутниковый канал связи; транспортный протокол.

## Введение

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 измерительных 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.

## Анализ проблем передач данных по спутниковому каналу связи

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. При использовании геостационарных систем спутниковой связи значительны как время доставки данных, так и вероятность искажения данных при передаче. Так как суммарное расстояние от измерительного пункта до спутника и от спутника до центра обработки порядка 80 000 км, время распространения радиосигнала более 0,26 с. Вероятность искажения передаваемого символа в существующих системах спутниковой связи –  $10^{-6}$ . Применяемые на практике протоколы передачи информации в режимах реального времени и отложенного времени не позволяют обеспечить соответствие требованиям, предъявляемым к системам информационно-телеметрического обеспечения испытаний: при использовании существующих коммуникационных средств в режиме реального времени недостаточна вероятность доставки информации в центры обработки, при передаче в режиме отложенного времени неудовлетворительны время доставки всех

зарегистрированных данных с удаленных измерительных пунктов в центры обработки телеметрической информации.

Для повышения надежности передач данных по спутниковому каналу связи во время «репортажа» применяется следующее решение: 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 [1]. Сокращением данных, передаваемых в реальном времени, создается временной резерв, который используется для повышения достоверности передач данных: помимо использования помехоустойчивого кодирования блоков 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. Вероятность искажения символов сообщений на предельной частоте зачастую существенно больше вероятности искажения при меньшей частоте передач, поэтому 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.

Из-за значительного времени распространения радиосигналов 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 используют 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 достоверности передачи данных и для повышения эффективной пропускной способности канала связи.

### **Способы повышения достоверности и снижения времени передачи**

Моделирование протоколов передач данных позволяет парировать зависимость надежных характеристик канала от интенсивности передач данных. В процессе подготовки к передаче 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. Размер блоков данных, число блоков в окне и скважность передач данных устанавливают по результатам моделирования. Учитывая нестабильность показателей характеристик надежности каналов связи со спутниковым сег-

ментом, целесообразно обеспечение возможности оперативных изменений настроек телекоммуникационных средств по ходу отдельных сеансов связи. Перспективны средства оперативного определения текущих значений показателей надежности характеристик каналов связи и средства адаптации телекоммуникационного оборудования к их изменениям.

В отличие от известных способов [2], 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). 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.

### Моделирование транспортных протоколов

Для определения оптимальных для данного канала связи параметров передач данных были разработаны аналитические модели, алгоритмы и программа имитационного моделирования [4]. С помощью программы получены данные по эффективной пропускной способности транспортных протоколов, распределению времени доставки блоков данных, максимальному времени доставки блоков данных, распределению длин серий правильно переданных блоков данных и др. для различных значений независимо варьируемых параметров управления и параметров моделируемого канала связи. Полученные результаты имитационного моделирования совпадают с результатами аналитических моделей. На рис. 1 показано сравнение предлагаемого механизма непрерывной передачи окон с механизмами стационарного и движущегося [2] окон (оценивалась эффективная пропускная способность канала).



Рис. 1. Сравнение эффективной пропускной способности канала для различных механизмов протоколов (результаты имитационного моделирования)

### Заключение

Применение рассмотренных подходов: парирования зависимости надежности характеристик канала от интенсивности передач путем изменения параметров транспортного протокола, механизма непрерывной передачи окон, анализа времени прихода квитанции позволит повысить достоверность передачи в режиме реального времени и уменьшить совокупное время доставки всех зарегистрированных данных в режиме отложенной транспортировки.

### 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. Биестерфельд О.А. Способ передачи информации по каналам связи и система для его осуществления. // Патент РФ № 2450466. 29.04.2011.
4. Биестерфельд О.А. Моделирование передач в монопольном режиме спутникового канала связи // Вестник КИГИТ. 2012. № 1. С. 53-61.

#### Для цитирования:

*Биестерфельд О.А.* Пути повышения эффективности передач данных при испытаниях и пусках ракет различного назначения // *i-methods*. 2013. Т. 5. № 1. С. 16-19.

## The ways of increasing the efficiency of data transfers in the test and launches of missiles of various purposes

### Biesterfeld O.A.

Ph.D., docent, Ryazan state University named for S.A. Yessenin, Ryazan

#### Abstract

Analyzed the data transfer among the components of the distributed range of measurement systems for the testing of missiles. Proposed to parroted the dependence of the reliability characteristics of the satellite channel on the intensity of transmission by optimizing the management of transport Protocol; to send data without stopping while waiting for receipts; analyze the timing of the feedback messages. The described approaches will allow to increase reliability of transmission in real-time and reduce delivery time in deferred mode of transportation.

**Keywords:** efficiency; data transfer; missile launch; satellite link; transport protocol.

#### References

1. Wesen I.V., Marchenkov R.E., Novikov Y.A., Presnyakov A.N. Method of information transfer via communication channels in real time and the system for its implementation. Patent RF № 2423004. 27.07.2009.
2. Chambers D.E. TCP/IP, volume 1. Principles, protocols and structure. M.: Publishing house "Williams". 2003. 880 p.
3. Biesterfeld O.A. the Method of information transmission via communication channels and system for its implementation. // Patent RF № 2450466. 29.04.2011.
4. Biesterfeld O.A. Modeling of transmission in the exclusive mode of satellite communication channel. // The Bulletin of CIGIT. 2012. No. 1. Pp. 53-61.

#### For citation:

*Biesterfeld O.A.* The ways of increasing the efficiency of data transfers in the test and launches of missiles of various purposes // *i-methods*. 2013. Vol. 5. No. 1. Pp. 16-19.