

УДК 621.371.3: 621.396.96

ВЛИЯНИЕ УПАКОВАННЫХ ФОРМАТОВ ПРОТОКОЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ НА СКОРОСТЬ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Чипига А.Ф., Марков Д.М., Слюсарев Г.В.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»,
Ставрополь, e-mail: director_iitt@ncfu.ru

Использование низкочастотных систем спутниковой связи, обладающих высокими показателями энергетической скрытности, предусматривает наличие подсистем, осуществляющих адаптацию рабочих частот в зависимости от состояния ионосферы. Данные о системе ионосферы принимаются приемником Novatel GPStation-6 и могут выдаваться для обработки в трех различных форматах. Правильный выбор типа сжатых форматов данных обеспечивает сокращение объема, однако приводит к дополнительным накладным расходам по их обработке. Проанализированы сжатые форматы данных приемника GPStation-6 по отношению к эталонному несжатому. Сделаны выводы о целесообразности применения того или иного сжатого формата в зависимости от ограничений платформы, на которой предполагается обработка данных. При выполнении сокращения передаваемых данных и отсутствии ограничений по производительности целесообразно использовать RANGECMP или RANGECMP2. Использование RANGECMP2 нецелесообразно, так как даёт дополнительный выигрыш 16% в объеме передаваемых данных, но увеличивает число действий, требуемых для их преобразования, а также более чем в два раза превосходит число действий, требуемых для RANGECMP. Выбор конкретного формата протокола измерений осуществляется в зависимости от поставленной задачи и применяются форматы RANGE или RANGECMP.

Ключевые слова: GPStation-6, RANGE, RANGECMP, скорость обработки данных

INFLUENCE OF PACKED FORMAT PROTOCOLS FOR MEASURING THE SPEED OF DATA PROCESSING IN THE ADAPTIVE SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

Chipiga A.F., Markov D.M., Slyusarev G.V.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education North Caucasus
Federal University, Stavropol, e-mail: director_iitt@ncfu.ru

Use of the low-frequency satellite communication systems possessing high rates of power reserve provides existence of the subsystems which are carrying out adaptation of working frequencies depending on a condition of an ionosphere. The ionospheres given about system are accepted by the Novatel GPStation-6 receiver and can be given for processing in three various formats. The right choice like the squeezed formats of data provides reduction of volume, however, leads to additional overhead costs on their processing. The squeezed formats of data of the GPStation-6 receiver in relation to the reference uncompressed are analysed. Conclusions are drawn on expediency of application of this or that squeezed format depending on restrictions of a platform on which data processing is supposed. During the performing of reduction of transmitted data and lack of restrictions on productivity it is expedient to use RANGECMP or RANGECMP2. Use of RANGECMP2 isn't expedient as gives an additional prize of 16% in volume of transmitted data, but increases number of the actions demanded for their transformation and also more than twice surpasses number of the actions demanded for RANGECMP. The choice of a concrete format of the protocol of measurements is carried out depending on an objective and the RANGE or RANGECMP formats are applied.

Keywords: GPStation-6, RANGE, RANGECMP, processing speed data

Известен [7, 8] способ обеспечения высокой энергетической скрытности систем спутниковой связи, обеспечивающий защиту информации за счет изменения условий распространения радиоволн [6, 5]. При адаптации процессов перестройки радиочастот нужны постоянный контроль за состоянием ионосферы и постоянная обработка больших объемов данных, поступающих от средств радиоконтроля [2, 3]. Для этих целей может применяться приемник Novatel GPStation-6.

Постановка задачи

Приёмник Novatel GPStation-6 имеет возможность выдавать данные измерений

в трёх форматах, которые могут быть обработаны с помощью специально разработанного программного обеспечения. Использование бинарного формата данных более предпочтительно, так как такие данные компактнее и не требуют дополнительных преобразований при их обработке [1]. Цель работы – проведение сравнения эффективности применения упакованных и неупакованных данных в бинарном формате для одного типа протоколов измерений.

Решение задачи

Приёмник Novatel GPStation-6 имеет возможность выдавать протоколы измерений псевдодальностей RANGE,

RANGECMP и RANGECMP2. Разница между протоколами измерений заключается в том, что RANGECMP и RANGECMP2 являются упакованными вариантами протокола измерений RANGE с разной степенью сжатия. Для сравнения эффективности применения упакованных данных необходимо выполнить сравнение выигрыша от упаковки данных и сравнение изменения числа операций, необходимых для выполнения преобразования данных с целью дальнейшей математической обработки.

Упаковка снижает общий объём передаваемых данных, что в конечном итоге требует дополнительных операций на передающей и принимающей стороне по упаковке и распаковке данных соответственно. Для решения задачи адаптации радиочастоты к условиям распространения радиоволн приёмник GPStation-6 уже запрограммирован производителем и будем считать, что для него не существует разницы в вычислительной сложности при выдаче упакованных и неупакованных протоколов изменений.

Для оценки эффективности упаковки предположим, что есть один спутник и данные о псевдодальностях передаются на одной частоте. Все данные передаются в бинарном формате [1]. Поэтому длина заголовка протокола измерений составляет 28 байт, а длина контрольной суммы 4 байта. Вторым критерием будет сравнение объёма лога для 10 спутников, передающих на одной частоте.

Протокол измерений RANGE после заголовка содержит информацию о количестве каналов наблюдения, которое имеет размер 4 байта. После указания количества измерений в логе идут непосредственно блоки измерений. Согласно документации блок измерений содержит следующие поля, которые имеют следующие размеры:

- номер спутника (2 байта);
- частота для спутников ГЛОНАСС (2 байта);
- кодовые измерения псевдодальности (8 байт);
- среднее квадратическое отклонение кодовых измерений псевдодальности (4 байта);
- фазовые измерения псевдодальности (8 байт);
- среднее квадратическое отклонение фазовых измерений псевдодальности (4 байта);
- доплеровская частота (4 байта);
- отношение сигнал/шум (4 байта);
- время непрерывного наблюдения сигнала (4 байта);
- состояние отслеживания (4 байта).

Таким образом, размер блока, содержащий данные измерений, будет содержать 44 байта. Общий размер протокола изме-

рений RANGE при отслеживании одного спутника на одной частоте будет

$$28 + 4 + 4 + 44 = 80 \text{ байт.}$$

В случае наблюдения 10 спутников, передающих на одной частоте, размер протокола измерений равен

$$28 + 4 + 4 + 440 = 472 \text{ байта.}$$

Формула расчёта размера протокола измерений для произвольного числа спутников и передаваемых частот

$$S = 28 + 4 + 4 + N \cdot 44,$$

где N – общее количество каналов наблюдения.

Лог RANGECMP, так же как и лог RANGE, после заголовка содержит информацию о количестве измерений и под это поле выделено также 4 байта. Блок данных измерений упакован в одно поле и имеет фиксированный размер в 24 байта. Таким образом, размер протокола измерений при отслеживании одного спутника на одной частоте

$$28 + 4 + 4 + 24 = 60 \text{ байт.}$$

В случае, если наблюдается 10 спутников, передающих на одной частоте, размер лога равен

$$28 + 4 + 4 + 240 = 276 \text{ байт.}$$

Формула расчёта размера протокола измерений для произвольного числа спутников и передаваемых частот

$$S = 28 + 4 + 4 + N \cdot 24,$$

где N – общее количество каналов наблюдения.

Протокол измерений RANGECMP2 организован иначе, чем лог RANGECMP и RANGE: после заголовка идёт не количество наблюдений, а количество байт, которые содержатся в единственном упакованном блоке данных. Этот блок данных необходимо разобрать согласно формату, указанному в документации [4]. Согласно анализу таблицы, описывающей формат данных, блок измерений для спутника делится на две части:

- 1) заголовочная часть, в которой описывается спутниковая система и номер спутника (10 байт);
- 2) измерения на конкретном канале (12 байт).

Таким образом, при измерении для одного спутника на одной частоте размер протокола

$$28 + 4 + 4 + 22 = 58 \text{ байт.}$$

Для десяти спутников на одной частоте размер равен 256 байт. Согласно формату данных протокол RANGECMP2 даёт выигрыш

в объёме данных при увеличении числа каналов наблюдений для одного спутника, что обусловлено группировкой по спутникам. Группировка данных по спутникам приводит к другой зависимости: при увеличении числа каналов наблюдения, а именно при наблюдении пяти спутников на двух частотах, размер протокола измерений равен

$$28 + 4 + 4 + 10 \cdot 5 + 12 \cdot 10 = 206 \text{ байт.}$$

При этом для протоколов RANGE и RANGECMP2 размер протокола измерений для пяти спутников, наблюдаемых на двух частотах, останется неизменным. Формула расчёта размера протокола измерений для произвольного числа спутников и каналов

$$S = 28 + 4 + 4 + N_s \cdot 10 + N_c \cdot 10,$$

где N_s – число спутников, а N_c – общее число каналов наблюдения.

Для точной количественной оценки выполним сравнительный расчёт для количества спутников и наблюдаемых каналов, которые отражают реальное количество обрабатываемых данных. Экономия от упаковки вычислим в процентном соотношении относительно лога RANGE (табл. 1). Из табл. 1 видно, что лог RANGECMP позволяет снизить объём передаваемых данных на 44 %, а лог RANGECMP2 – на 61 %. Следовательно, если критичен объём передаваемых данных, то предпочтительнее использовать лог RANGECMP2, так как он позволяет уменьшить объём данных более чем в два раза относительно объёма данных лога RANGE.

живания» будет требовать дополнительных действий, потому что является битовым полем [4]. Для преобразования всех полей из формата Novatel в формат для математической обработки требуется одно действие, так как данные хранятся в бинарном формате и требуется их только перенести в соответствующие переменные. Поле «состояние отслеживания» потребует дополнительные семь действий для того, чтобы извлечь значения, которые хранятся в этом поле. Таким образом, потребуется 17 операций для получения данных в виде, удобном для обработки.

Согласно формату RANGECMP для выделения одного блока данных размером в 24 байта потребуется одно действие, далее потребуется девять действий для того, чтобы получить нужные биты для каждого поля, и девять действий для выполнения смещения битов и получить значения. Итого требуется 19 действий для преобразования полученных данных в вид, пригодный для дальнейшей математической обработки «состояние отслеживания».

Для обработки данных формата RANGECMP2 согласно документации потребуется семь действий для выделения одной записи заголовка измерения по одному спутнику и 14 действий для выделения битов данных измерений по выбранному каналу. После выделения отдельных битов необходимо выполнить смещение всех полей для того, чтобы получить настоящие значения, т.е. потребуется ещё 21 дополнительное действие. Таким образом, всего требуется 42 действия для преобразования

Таблица 1

Оценка уменьшения объёма логов RANGECMP и RANGECMP2

Кол-во спутников	Кол-во двух-частотных спутников	Кол-во трех-частотных спутников	RANGE (байт)	RANGECMP		RANGECMP2	
				Размер (байт)	Экономия	Размер (байт)	Экономия
20	15	5	2016	1116	44,64%	776	61,52%
15	10	5	1576	876	44,42%	606	61,53%
22	20	2	2060	1140	44,66%	808	60,78%
20	16	4	1972	1092	44,62%	764	61,26%
20	19	1	1840	1020	44,57%	728	60,43%
20	10	10	2236	1236	44,72%	836	62,61%

Оценим усложнение алгоритма, требуемого для преобразования данных из упакованного формата данных, выдаваемого приёмником, к формату данных, подходящему для математической обработки. Формат RANGE будет эталоном, так как является неупакованным протоколом измерений. Согласно формату данных, приведённых в документации, только поле «состояние отсле-

живать» в формате данных, который можно использовать для математической обработки.

В табл. 2 отражено среднее значение уменьшения размера протокола измерений в зависимости формата сжатого протокола измерений и числа операций, требуемое для преобразования данных в вид, пригодный для математической обработки. Как следует из результатов табл. 2, использование

логов RANGECMP и RANGECMP2 требует выполнения дополнительных операций по преобразованию данных, причём увеличение числа операций пропорционально полученной выгоде от упаковки данных. Следовательно, требуется объективно подходить к выбору конкретного протокола измерений в зависимости от ограничений, которые накладываются на программную или аппаратную платформу, которая будет использоваться для обработки данных.

Таблица 2
Сравнение эффективности сжатия
и количества операций

Протокол измерений	Сжатие данных	Кол-во операций для преобразования
RANGE	0%	9
RANGECMP	44%	19
RANGECMP2	61%	42

Выводы

Таким образом, использование упакованных форматов протоколов измерений даёт уменьшение размера протокола измерений в два раза, но требует увеличения количества действий для преобразования данных в формат для математической обработки.

Если требуется выполнить сокращение передаваемых данных и нет ограничений по производительности, то целесообразно использовать RANGECMP или RANGECMP2. Использование RANGECMP2 с практической точки зрения нецелесообразно, так как даёт дополнительный выигрыш 16% в объёме передаваемых данных, но увеличение числа действий, требуемых для их преобразования, также более чем в два раза превосходит число действий, требуемых для RANGECMP. Следовательно, выбор конкретного формата протокола измерений необходимо осуществлять в зависимости от поставленной задачи и применять форматы RANGE или RANGECMP.

Список литературы

1. Марков Д.М., Топорков К.И., Бондаренко О.С. Анализ скорости обработки форматов данных приёмника GPStation-6 // Фундаментальные и прикладные аспекты компьютерных технологий и информационной безопасности: материалы I Всероссийской научно-технической конференции. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2015, – 465 с.
2. Чипига А.Ф. Анализ энергетической скрытности низкочастотных систем спутниковой связи от обнаружения сигналов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 2 (151). – С. 209–217.
3. Чипига А.Ф., Колков Д.А. Анализ методов случайного поиска глобальных экстремумов многомерных функций. // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 2. – С. 24.

4. Чипига А.Ф., Лапина М.А., Ляхов А.В., Песков М.В. Принцип построения системы спутниковой связи с повышенной энергетической скрытностью. // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2013. – № 4 (4). – С. 50–53.

5. Чипига А.Ф., Сенокосова А.В. Защита информации в системе космической связи за счет изменения условий распространения радиоволн // Космические исследования. – 2007. – Т. 45. – № 1. – С. 59–66.

6. Чипига А.Ф., Сенокосова А.В. Способ обеспечения энергетической скрытности систем спутниковой связи // Космические исследования. – 2009. – Т. 47. – № 5. – С. 428–433.

7. Чипига А.Ф., Шевченко В.А., Сенокосова А.В., Дагаев Э.Х. Математическая модель трансионосферного канала с учетом поглощения и многолучевости принимаемого сигнала // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2011. – № 1. – С. 24–31.

8. Novatel. OEM6® Family Firmware Reference Manual. January 2015, <http://www.novatel.com/assets/Documents/Manuals/om-20000129.pdf>.

References

1. Markov D.M., Toporkov K.I., Bondarenko O. S. Analiz skorosti obrabotki formatov dannyh prijemnika GPStation-6 // Fundamentalnye i prikladnye aspekty kompju-ternyh tehnologij i informacionnoj bezopasnosti: materialy I Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Rostov-na-Donu: Izd-vo JuFU, 2015, 465 p.
2. Chipiga A.F. Analiz jenergeticheskoy skrytnosti nizkочастотных систем спутнико-вой svjazi ot obnaruzhenija signalov // Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki. 2014. no. 2 (151). pp. 209–217.
3. Chipiga A.F., Kolkov D.A. Analiz metodov sluchajnoogo poiska globalnyh jekstremu-mov mnogomernyh funkcij. // Fundamentalnye issledovanija. 2006. no. 2. pp. 24.
4. Chipiga A.F., Lapina M.A., Ljahov A.V., Peskov M.V. Princip postroenija sistemy sputnikovoj svjazi s povyshennoj jenergeticheskoy skrytnostju. // Nacionalnaja bez-opasnost i strategicheskoe planirovanie. 2013. no. 4 (4). pp. 50–53.
5. Chipiga A. F., Senokosova A. V. Zashhita informacii v sisteme kosmicheskoy svjazi za schet izmenenija uslovij rasprostranenija radiovoln // Kosmicheskie issledovanija. 2007. T. 45. no. 1. pp. 59–66.
6. Chipiga A.F., Senokosova A.V. Sposob obespechenija jenergeticheskoy skrytnosti si-stem sputnikovoj svjazi // Kosmicheskie issledovanija. 2009. T. 47. no. 5. pp. 428–433.
7. Chipiga A.F., Shevchenko V.A., Senokosova A.V., Dagaev Je.H. Matematicheskaja model transionosfernogo kanala s uchetom pogloshhenija i mnogoluchevosti primamaemoго signala // Vestnik Severo-Kavkazskogo federalnogo universiteta. 2011. no. 1. pp. 24–31.
8. Novatel. OEM6® Family Firmshare Reference Manual. January 2015, <http://shhshshh.novatel.com/assets/Documents/Manuals/om-20000129.pdf>.

Рецензенты:

Кандаурова Н.В., д.т.н., профессор, проректор по науке и развитию, ЧОУ ВО «Ставропольский университет», г. Ставрополь;
Лубенцов В.Ф., д.т.н., профессор, заместитель директора по научной работе, Невинномысский технологический институт (филиал), ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Невинномысск.