

## СПОСОБ ЭФФЕКТИВНОГО КОДИРОВАНИЯ КОМАНД ТЕЛЕКОДОВОГО УПРАВЛЕНИЯ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Объектом исследования являются команды телекодированного управления. Источником команд телекодированного управления могут быть датчики телемеханических систем, ПЭВМ, должностные лица. Команды телекодированного управления используются для управления самолетами и вертолетами, беспилотными летательными аппаратами, средствами воздушной разведки, робототехническими системами, мобильными транспортными средствами и др. Целью настоящей работы являются построение эффективного кода сжатия команд телекодированного управления с учетом их структуры и содержания, быстрое кодирование и восстановление команд за счет заранее сформированных на передающей и приемной сторонах баз данных команд.

*Материалы и методы.* Предлагается эффективное сжимающее кодирование команд телекодированного управления, при котором для получения кодов формализованных команд отдельно кодируют постоянную и переменную части команд. Постоянную часть команд кодируют с использованием заранее подготовленной базы данных. В базу данных команд телекодированного управления помещают индексы команд телекодированного управления и коэффициенты смещения и децимации для нормализации переменной части команд телекодированного управления.

*Результаты.* Получены результаты моделирования сжатия и восстановления команд телекодированного управления при использовании словарного, статистического по алгоритму Хаффмена и предлагаемого методов кодирования с использованием заранее подготовленных баз данных.

*Выводы.* Предлагаемое эффективное кодирование команд телекодированного управления обеспечивает наибольшее сжатие информации. Сокращение объема передаваемой информации уменьшает вероятность ее искажения и повышает надежность передачи команд телекодированного управления. За счет контроля структуры и содержимого команд повышаются достоверность и информационная безопасность команд.

**Ключевые слова:** телекодированное управление, формализованные сообщения, базы данных, индексы команд, достоверность и информационная безопасность.

V. V. Kvashennikov, A. K. Shabanov, P. I. Zaytsev

## A METHOD OF EFFECTIVE CODING OF TELECODE MANAGEMENT COMMANDS

### Abstract.

*Background.* The object of the study is commands of telecode management. The source of telecode management commands can be sensors of telemechanical sys-

tems, PC, officials. Telecode management commands are used to control airplanes and helicopters, unmanned aerial vehicles, aerial reconnaissance equipment, robotic systems, mobile vehicles, etc. The goal of this work is to build an effective compression code for telecode management commands, taking into account their structure and content, fast coding and recovery of commands by means of command database formed in advance on the transmitting and receiving sides.

*Materials and methods.* An effective compression coding method for telecode management commands is proposed, in which the fixed and variable parts of the commands are separately encoded to obtain codes for formalized commands. The permanent part of the command code using a database formed in advance. The index of commands of the telecode management and the coefficients of displacement and decimation are placed in the database of commands of the telecode management to normalize the variable part of the telecode management commands.

*Results.* The results of the simulation of compression and recovery of telecode management commands were obtained using the vocabulary method, the statistical Huffman algorithm method and the proposed coding methods using databases formed in advance.

*Conclusions.* The proposed efficient coding of telecode management commands provides the greatest compression of information. Reducing the amount of information transmitted decreases the probability of its distortion and increases the reliability of the transmission of commands of the telecode management. By monitoring the structure and contents of commands, the reliability and information security of commands are increased.

**Keywords:** telecode management, formalized messages, databases, command indices, authenticity and information security.

## Введение

Задачей телекодированного управления является доведение команд от источника на передающей стороне до получателя на приемной стороне. Источником команд телекодированного управления могут быть датчики телемеханических систем, ПЭВМ, должностные лица. Получателями команд на приемной стороне являются исполнительные органы систем управления, ПЭВМ, операторы, должностные лица. Передаваемые данные представляют собой команды управления самолетов и вертолетов, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), средств воздушной разведки, робототехнических систем, мобильных транспортных средств и др.

Команды телекодированного управления обычно имеют небольшой объем: от нескольких десятков до нескольких сотен битов. Количество различных команд управления небольшое – не более ста различных команд. Особенностью команд является наличие постоянной и переменной частей команд. Постоянная часть команд определяет действия получателя команд, а переменная часть – параметры выполняемого действия, которые могут изменяться в некотором допустимом диапазоне значений. Например, команды: вверх | 5, вниз | 10, вправо | 3, влево | 6, скорость | 4 и т.д.

Таким образом, команды телекодированного управления представляют собой последовательности символов, которые можно разделить на две части:

$$K=C | V, \quad (1)$$

где  $C$  – постоянная часть команд телекодированного управления;  $V$  – переменная часть команд телекодированного управления.

Команды телекодového управления передают в виде кода, обеспечивающего сжатие исходной информации. Цель настоящей работы – построение эффективного кода сжатия команд телекодového управления с учетом их структуры и содержания, а также быстрое кодирование и восстановление команд за счет заранее сформированных на передающей и приемной сторонах баз данных.

Хорошо известны два основных способа эффективного кодирования символьной информации, в том числе команд управления. Словарный способ кодирования предполагает посимвольный анализ передаваемой информации и создание в процессе кодирования и восстановления информации словарей на передающих и приемной сторонах [1]. Недостатками этого способа являются невысокая степень сжатия информации (обусловленная тем, что словарь строит при сжатии и восстановлении информации, и исходные команды по меньшей мере один раз войдут в массив сжатой информации), невысокая достоверность и низкая информационная безопасность, поскольку не проверяются структура и содержание команд телекодového управления.

Известны статистические способы сжатия символьной информации, такие как способ Фано – Шеннона, Хаффмена или арифметического кодирования, которые не обеспечивают достаточной степени сжатия команд, поскольку сжатие выполняют для каждого сеанса передачи, который обычно содержит небольшое число команд [2]. Статистические способы генерируют разделимые коды, а команды телекодového управления передают в информационных пакетах, которые уже разделяют команды. Также в статистических способах кодирования не проверяются структура и содержание команд телекодového управления.

### **1. Эффективное кодирование команд управления**

В данной работе предлагается эффективное кодирование команд телекодového управления, при котором для получения кодов формализованных команд отдельно кодируют постоянную и переменную части команд [3]. Постоянную часть команд кодируют с использованием заранее подготовленной базы данных. Команды в базе данных упорядочивают в лексикографическом порядке (по алфавиту), что упрощает и ускоряет их поиск в базе данных. В базу данных команд телекодového управления помещают индексы (адреса базы данных) команд телекодového управления и коэффициенты смещения и децимации для нормализации переменной части команд телекодového управления. Индексы, имеющие меньшую разрядность, присваиваются командам с большей частотой передачи. Частота передачи команд определяется по достаточно большой статистике сеансов телекодového управления, например 1000 и более сеансов управления. Построение базы команд выполняется заранее с использованием достаточно большой статистики команд. При этом можно использовать все имеющиеся вычислительные ресурсы и наилучшие из известных методов сжатия данных, например арифметическое сжатие с марковским предсказанием [4]. Хорошие результаты показывают адаптивные методы сжатия с предсказанием [5].

Таким образом, базу данных команд телекодového управления на передающей стороне можно представить в виде

$$BD1 = \{[C_i], [i, \alpha_i, \beta_i]\}, \quad i = 0..n-1, \quad (2)$$

где  $C_i$  – постоянная часть  $i$ -й команды телекодového управления;  $i$  – индекс команды;  $\alpha_i, \beta_i$  – коэффициенты нормализации, включающие соответственно коэффициент смещения и коэффициент децимации.

Входом  $[C_i]$  базы данных команд телекодového управления является множество постоянных частей команд, а содержимым или выходом  $[i, \alpha_i, \beta_i]$  – совокупность соответствующих индексов команд и коэффициентов для нормализации переменной части команды.

Поскольку команды в базе данных упорядочены в лексикографическом порядке, поиск команды целесообразно проводить методом дихотомии (методом деления области поиска пополам). Если команда найдена, то считывают из базы данных индекс  $i$  обнаруженной команды и записывают его в массив сжатой информации. Затем считывают из базы данных коэффициенты нормализации  $\alpha_i$  и  $\beta_i$ . Нормализацию переменной части команды выполняют с помощью дробно-линейного преобразования по формуле

$$W_i = \frac{V_i - \alpha_i}{\beta_i}, \quad i = 0 \dots n - 1. \quad (3)$$

Коэффициент смещения  $\alpha_i$  выбирают равным минимальному значению переменной части команды телекодového управления, а коэффициент децимации  $\beta_i$  определяется необходимой точностью задания переменной части. Полученную величину  $W_i$  записывают в массив сжатой информации. Таким образом, массив сжатой информации будет

$$MSI = \{[i], [W_i]\}, \quad i = 0 \dots n - 1. \quad (4)$$

Затем сжатую информацию передают по каналу связи на приемную сторону. На приемной стороне восстанавливают постоянную и переменную части команд телекодového управления. Для этого используют принятый из канала связи массив сжатых команд телекодového управления и базу данных этих команд, которая содержит те же команды, что и база данных, используемая при сжатии команд, но эти команды расположены по величине кода индексов команд, что упрощает и ускоряет их поиск в базе данных.

Таким образом, база данных команд телекодového управления на приемной стороне представляется в виде

$$BD2 = \{[i], [C_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i]\}, \quad i = 0 \dots n - 1, \quad (5)$$

где  $\gamma_i$  – максимально допустимое значение переменной части  $i$ -й по порядку команды телекодového управления.

Входом базы данных команд на приемной стороне является множество кодов индексов  $[i]$  команд, а выходом – множество  $[C_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i]$ , включающее соответствующую постоянную часть команды  $C_i$ , коэффициенты нормализации  $\alpha_i, \beta_i$  и максимально допустимое значение  $\gamma_i$  переменной части команды телекодového управления.

Постоянную часть команд телекодového управления  $C_i$  получают на выходе базы данных команд, а переменную часть команд вычисляют, используя коэффициенты нормализации  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  по формуле линейного преобразования:

$$V_i = \beta_i \cdot W_i + \alpha_i, \quad i = 0 \dots n - 1. \quad (6)$$

При восстановлении команд телекодowego управления выполняют следующие проверки:

1. Контроль принадлежности индекса  $i$  команд телекодowego управления допустимому диапазону значений:

$$i_{\min} \leq i \leq i_{\max} . \tag{7}$$

2. Контроль переменной части  $V_i$  команд телекодowego управления, которая не должна превосходить максимально допустимого значения  $\gamma_i$  :

$$V_i \leq \gamma_i . \tag{8}$$

При выполнении этих проверок постоянную и переменную части команд помещают в массив восстановленной информации. При невыполнении проверок в массив восстановленной информации записывают признак стирания команды, и команда считается непринятой.

При большом объеме базы данных индекс команды будет содержать большое число разрядов, что уменьшает сжатие информации. Команды телекодowego управления могут относиться к различным системам управления на приемной стороне. В этом случае целесообразно использовать различные базы данных команд, относящиеся к различным системам управления. Например, БПЛА используют команды телекодowego управления, относящиеся к системам управления полетом, системам управления устройствами наблюдения и видеосъемки, системам управления вооружениями и др. Использование нескольких баз данных, относящихся к различным системам управления, позволяет сократить разрядность индекса баз данных, а значит, сократить объем передаваемой информации. Поэтому во многих случаях целесообразно использование нескольких баз данных команд телекодowego управления для обработки, хранения и передачи команд телекодowego управления.

## 2. Результаты моделирования

В табл. 1 приведены результаты моделирования сжатия и восстановления команд телекодowego управления при использовании словарного, статистического по алгоритму Хаффмена и предлагаемого способов кодирования. В каждом сеансе связи передавалась одна команда телекодowego управления в своем пакете информации. Число различных передаваемых команд было равно 26 команд. Общий объем баз данных на передающей и приемной сторонах составлял около 3 кБайт. Было передано 1000 команд управления. За счет заранее подготовленных баз данных сложность предлагаемого способа по числу операций будет наименьшей.

Таблица 1

Результаты моделирования сжатия и восстановления команд телекодowego управления

Показатель	Словарное сжатие	Статистическое сжатие по алгоритму Хаффмена	Предлагаемый способ
Коэффициент сжатия	3,57	3,41	4,26
Сложность кодирования и восстановления команд управления, операций	24	19	8

Рассмотрение результатов моделирования показывает, что предлагаемый способ с использованием заранее подготовленных баз данных обеспечивает наибольшее сжатие команд телекодového управления. За счет контроля структуры и содержимого команд повышаются достоверность и информационная безопасность команд.

### Заключение

Предлагается эффективное кодирование команд телекодového управления с использованием заранее сформированных на передающей и приемной сторонах специальным образом упорядоченных баз данных команд. Такое кодирование команд обеспечивает степень сжатия информации, большую, чем при использовании словарного и статистического способов сжатия. Сокращение объема передаваемой информации уменьшает вероятность ее искажения и повышает надежность передачи команд телекодového управления. Проверка структуры и содержания принятых команд позволяет повысить достоверность и информационную безопасность команд.

### Библиографический список

1. **Ситняковская, Е. И.** Построение эффективных побуквенных кодов для словарных методов сжатия данных / Е. И. Ситняковская // Проблемы передачи информации. – 1998. – Вып. 2. – С. 47–54.
2. **Ватолин, Д.** Методы сжатия данных / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М. : Диалог МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Пат. 2592456 Российская Федерация, МПК H03M 7/30. Способ обработки, хранения и передачи команд телекодového управления / Квашенников В. В., Занкович А. Ф., Слонков Ю. А. – опубл. 20.07.2016, Бюл. № 20. – 3 с.
4. **Соломон, Д.** Сжатие данных, изображений и звука / Д. Соломон. – М. : Техносфера, 2004. – 368 с.
5. **Cleary, J. G.** Data compression using adaptive coding and partial string matching / J. G. Cleary, I. H. Witten // IEEE Transactions on Communications. – 1984. – Vol. 32 (4). – P. 396–402.

### References

1. Sitnyakovskaya E. I. *Problemy peredachi informatsii* [Information transfer issues]. 1998, iss. 2, pp. 47–54.
2. Vatolin D., Ratushnyak A., Smirnov M., Yukin V. *Metody szhatiya dannykh* [Data protection methods]. Moscow: Dialog MIFI, 2002, 384 p.
3. Pat. 2592456 Russian Federation, MPK H03M 7/30. *Sposob obrabotki, khraneniya i peredachi komand telekodovogo upravleniya* [A method of telecode management command processing, storage and transfer]. Kvashennikov V. V., Zankovich A. F., Slonkov Yu. A., publ. 20.07.2016, bull. no. 20, 3 p.
4. Solomon D. *Szhatie dannykh, izobrazheniy i zvuka* [Compression of data, images and sound]. Moscow: Tekhnosfera, 2004, 368 p.
5. Cleary J. G., Witten I. H. *IEEE Transactions on Communications*. 1984, vol. 32 (4), pp. 396–402.

***Квашенников Владислав Валентинович***

доктор технических наук, старший научный сотрудник, Калужский научно-исследовательский институт телемеханических устройств (Россия, г. Калуга, ул. К. Маркса, 4)

E-mail: kniitmu@kaluga.net

***Шабанов Александр Константинович***

кандидат технических наук, заместитель главного инженера по научно-исследовательским опытно-конструкторским работам, Калужский научно-исследовательский институт телемеханических устройств (Россия, г. Калуга, ул. К. Маркса, 4)

E-mail: kniitmu@kaluga.net

***Зайцев Павел Иванович***

заместитель главного конструктора по системным вопросам, Калужский научно-исследовательский институт телемеханических устройств (Россия, г. Калуга, ул. К. Маркса, 4)

E-mail: kniitmu@kaluga.net

***Kvashennikov Vladislav Valentinovich***

Doctor of engineering sciences, senior staff scientist, Kaluga Research Institute of Telemechanical Devices (4 K. Marxa street, Kaluga, Russia)

***Shabanov Aleksandr Konstantinovich***

Candidate of engineering sciences, deputy chief engineer for research and development, Kaluga Research Institute of Telemechanical Devices (4 K. Marxa street, Kaluga, Russia)

***Zaytsev Pavel Ivanovich***

Deputy chief designer for systemic issues, Kaluga Research Institute of Telemechanical Devices (4 K. Marxa street, Kaluga, Russia)

---

УДК 621.396.96

**Квашенников, В. В.**

**Способ эффективного кодирования команд телекодированного управления** / В. В. Квашенников, А. К. Шабанов, П. И. Зайцев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2018. – № 4 (48). – С. 124–130. – DOI 10.21685/2072-3059-2018-4-12.