



переход на первых трех уровнях иерархической адресации, то на родительском узле кластера ведется специальный учет таких переходов и их источников. На основании межкластерных переходов для первых трех уровней иерархии строится специальная таблица маршрутизации, которая позволяет не перегружать древовидные иерархические каналы.

Литература

1. Milgram, S. An experimental study of the small world problem/ J. Travers and S. Milgram// *Sociometry*. – 1969. – P. 425–443.
2. Kleinberg R. Geographic routing using hyperbolic space //INFOCOM 2007. 26th IEEE International Conference on Computer Communications. IEEE. – IEEE, 2007. – С. 1902-1909.
3. Cvetkovski, A. Hyperbolic embedding and routing for dynamic graphs / A. Cvetkovski and M. Crovella // *IEEE INFOCOM*. – 2009. – P. 1647-1655.
4. Papadopoulos, F. Network mapping by replaying hyperbolic growth / F. Papadopoulos, C. Psomas, D. Krioukov. // *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*. – 2015. – P. 198-211.
5. Sukhov, A. M. Greedy forwarding for hyperbolic space in MANET / S. V. Timofeeva, D. M. Sarkisian, A. M. Sukhov, S. A. Zuev // *Telecommunication Forum (TELFOR)*. – 2017. – P. 1-4.

М. С. Светлов¹, А. А. Львов², Д. В. Кленов², Н. С. Вагарина²

АЛГОРИТМЫ КОДИРОВАНИЯ И ДЕКОДИРОВАНИЯ ДЛЯ КОДА НА ОСНОВЕ КОДОВОГО СИГНАЛЬНОГО ПРИЗНАКА В ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛАХ СО СТИРАНИЕМ

(¹Институт проблем точной механики и управления РАН,

²Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.)

I. Введение

Одной из наиболее актуальных задач синтеза информационных каналов (ИК) является обеспечение требуемого уровня их информационной надежности в условиях действия случайных импульсных помех большой интенсивности, когда $i_{pn} = f_{pn}/f_c \geq 3$ (i_{pn} — интенсивность случайной помехи; f_{pn} , f_c — частоты импульсной помехи и кода, соответственно). ИК состоит из устройств кодирования (КУ), декодирования (ДКУ) и канала связи (КС). Под действием помех возможно искажение передаваемых по КС кодовых комбинаций (КК). Существует два возможных вида ошибок: трансформации и стирания. При ошибках трансформации одна КК переходит в другую возможную КК. При ошибках стирания образуется КК, недопустимая с точки зрения выбранного кода. В зависимости от типа возможных ошибок, ИК делятся на каналы с трансформациями, каналы со стираниями и каналы общего вида, в которых



могут присутствовать ошибки как трансформации, так и стирания. Традиционным способом обеспечения высокой помехоустойчивости ИК является применение корректирующих кодов [1, 2]. Однако в случае действия помех большой интенсивности корректирующая способность таких кодов оказывается не достаточной, поэтому предлагается использование каскадного кодирования с применением некоторого корректирующего первичного кода (ПК) и вторичного кода (ВК) на основе кодового сигнального признака (КСП) [3].

По своей структуре ВК на основе КСП является двоичным комбинаторным нелинейным неразделимым кодом с постоянным весом с рабочими кодовыми словами длины n и всегда с единичными первыми и последними символами. Рабочее кодовое множество ВК $A = \{A_i\}_{i \in [1, K]}$ содержит K кодовых слов (по числу символов в алфавите ПК) в виде двоичных кодовых последовательностей одинакового веса $m_1 \geq 3$, т.е. с m_1 единичными символами каждая. Структура кода с КСП уже исследовалась ранее [4]. Также хорошо изучены ИК с трансформациями с применением кода на основе КСП. Для данного типа ИК были получены аналитические алгоритмы кодирования-декодирования [3] и выведены формулы вычисления вероятностей исходов приема [5]. В то же время ИК со стираниями и ИК общего вида с кодом основе КСП ранее не рассматривались. В данной работе проводится синтез ИК общего вида с кодом на основе КСП, приводятся упрощенные блок-схемы КУ и ДКУ ВК и описываются алгоритмы кодирования-декодирования для кода с КСП в ИК общего вида.

II. Синтез ИК общего вида

Упрощенная блок-схема КУ для кода с КСП представлена на рис. 1. Данное КУ используется для всех видов ИК. Подробное описание работы КУ приведено в работе [6].

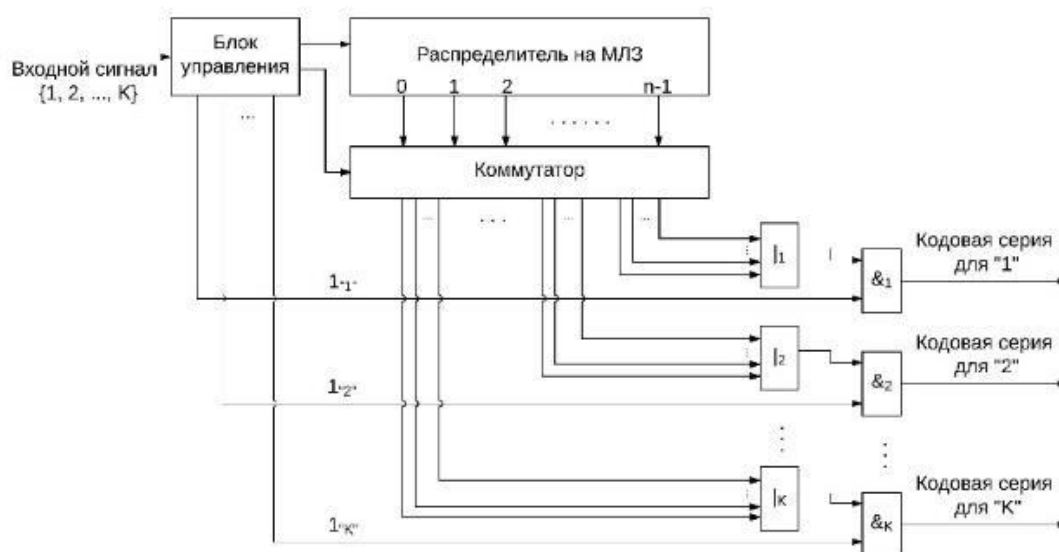


Рис. 1. Физическая структура КУ ВК

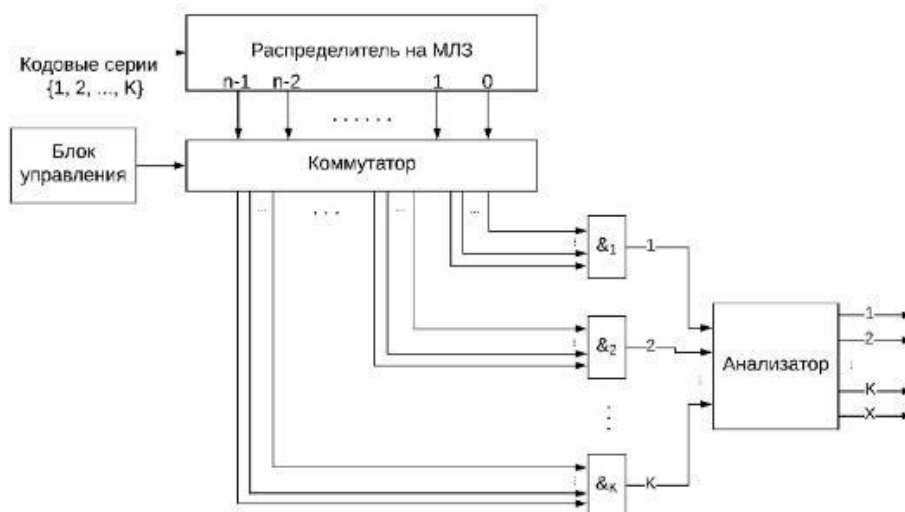


Рис. 2. Физическая структура КДК

Основной структурной единицей ДКУ является каскад декодирования (КДК), упрощенная блок-схема которого изображена на рис. 2. Распределители КУ и КДК на многоотводных линиях задержки (МЛЗ) имеют по n выходов: $0 \div n - 1$ в КУ и $n - 1 \div 0$ в КДК. На первых по порядку выходах сигнал задерживается на интервал Δt_0 относительно момента времени поступления сигнала на вход распределителя. На всех последующих выходах сигналы задерживаются на интервал Δt от моментов времени их появления на предыдущих выходах. Управляемые коммутаторы служат для коммутации выходов распределителей со входами дизъюнкторов в КУ и конъюнкторов в КДК. Логика коммутаций определяется видом кодовых слов ВК, точнее, номерами позиций с единичными символами.

Блоки управления, выходные конъюнкторы в КУ, анализатор в КДК обеспечивают формирование управляющих, синхронизирующих и выходных сигналов КУ и КДК. Анализатор основан на мажоритарном элементе. Если сигнал поступает на два или более его входов одновременно, или же сигнал полностью отсутствует, то на выходе генерируется сигнал защитного отказа, представленный символом стирания (X) ПК. И наоборот, если поступающий сигнал единственный, то этот сигнал переправляется на соответствующий выход КДК.

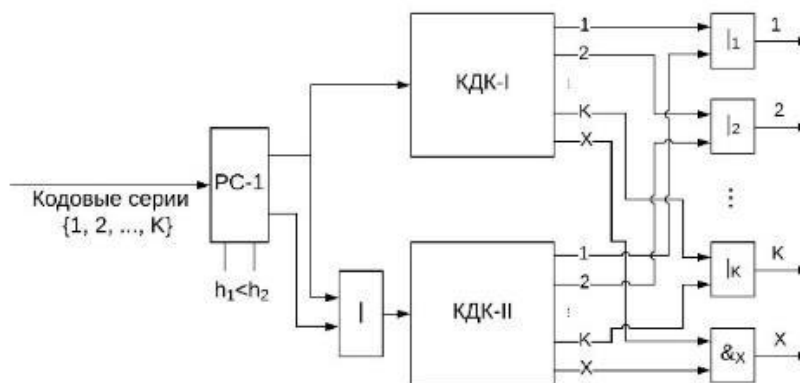


Рис. 3. Физическая структура ДКУ ВК общего вида



ДКУ ВК для ИК общего вида состоит из двухпороговой первой решающей схемы (РС-1) с порогами $h_1 < h_2$, двух КДК, соединенных по схеме Элайеса [7], и набора логических элементов для формирования результата: дизъюнкторов для алфавитных символов, конъюнктора для символа стирания (рис. 3). В КДК-I попадают только единичные рабочие импульсы ВК, т.е. импульсы с амплитудой не менее h_2 . В КДК-II — как единичные рабочие импульсы, так и символы стирания X , т.е. импульсы с амплитудой сигнала, попадающей в зону стирания $[h_1, h_2)$. Дизъюнктор $|_i$ формирует выходной сигнал при декодировании символа ПК $1 \leq i \leq K$ хотя бы в одном из КДК. Выходной символ стирания формируется конъюнктором $\&_X$ при возникновении защитного отказа в обоих КДК одновременно.

III. Алгоритмы кодирования и декодирования

Алгоритмы кодирования и декодирования будут рассмотрены на примере произвольного кодового слова ПК $Q = (q_1, q_2, \dots, q_{n_K})$. По причине идентичности КУ ВК алгоритмы кодирования для ИК общего вида остаются такими же, как и для ИК с трансформациями. Данные алгоритмы подробно описаны в [3], поэтому в данной работе приводиться не будут.



Рис. 4. Блок-схема 1: Алгоритм декодирования символа ПК в ИК общего вида

Также в [3] было показано, что для отдельно взятого КДК декодирование может быть проведено в 3 шага:

1. Построение матрицы подобия S по формуле $S = CA^T$, где A — матрица, составленная из кодовых слов ВК; C — матрица принятых рабочих последовательностей ВК.
2. Построение матрицы результата R :



$$r_{wi} = \begin{cases} 1, & s_{wi} = m_1; \\ 0, & s_{wi} < m_1. \end{cases}$$

Здесь $1 \leq w \leq n_K$ — индекс символа в слове Q , $1 \leq i \leq K$ — символ ПК, с которым сравнивается декодируемый символ.

3. Анализ матрицы результата R . Если в строке w встретилась только одна единица (обозначим ее столбец индексом i_0), то декодирован символ i_0 . Если в w -й строке оказалось две и более единиц, или не оказалось вовсе, то это означает, что из-за действия помех однозначное декодирование не возможно. В этом случае в ДКУ ВК обеспечивается защитный отказ.

Анализ структуры ДКУ ВК для ИК общего вида позволяет сделать вывод о корректности следующего алгоритма декодирования (блок-схема 1):

- a) декодировать по отдельности символы на КДК-I и КДК-II;
- b) если в каждом из КДК произошел защитный отказ, сгенерировать общий сигнал защитного отказа на выходе ДКУ ВК;
- c) если на одном КДК декодирован символ ПК i , а на другом произошел защитный отказ, то общим результатом считается декодирование символа ПК i .

IV. Заключение

В статье построен ИК общего вида с применением кода на основе КСП на последней ступени кодирования. В работе представлены схемы КУ и ДКУ ВК и приведены алгоритмы кодирования и декодирования для кода с КСП.

Литература

1. Peterson, W.W. Error-correcting codes / W. W. Peterson, E. J. Weldon. - Cambridge, Massachusetts and London, England: The MIT Press Publ., 1972. - 593 с.
2. Golomb, S.W. Digital Communications with Space Applications / S. W. Golomb. - New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice-Hall Publ., 1964. - 272 с.
3. Svetlov, M. S. Algorithms of Coding and Decoding for Code with Code Signal Feature / M. S. Svetlov, A. A. L'vov, D. V. Klenov, O. N. Dolinina // Proceedings of the 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), St. Petersburg, Russia, 2017, pp. 748-752. DOI: 10.1109/EIConRus.2017.7910666.
4. Львов, А.А. Повышение информационной надежности цифровых систем с QAM/COFDM модуляцией / А. А. Львов, М. С. Светлов, П. В. Мартынов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: "Математика. Механика. Информатика." - 2014. - Т. 14. - № 4. - Ч. 1. - С. 473-482.
5. Кленов, Д. В. Математическая модель информационного канала с кодеком на базе кодового сигнального признака / Д. В. Кленов, А. А. Львов, П. А. Львов, М. С. Светлов, М. К. Светлова // Материалы 8-й всероссийской научной конференции "Системный синтез и прикладная синергетика" (ССПС-2017). - пос. Нижний Архыз, 2017.



6. L'vov, A. A. Improvement of information reliability of digital systems with QAM/COFDM modulation / A. A. L'vov, M. S. Svetlov and P. V. Martynov // Proceedings of the 20th IMEKO TC4 Symposium, Benevento, Italy, 2014, pp. 479-484.

7. Elias, P. Error-free coding / P. Elias // IEEE Trans. Inform. Theory, 4, 1954. – P. 29–37.

А.В. Сухарев

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ИСТИННОГО УГЛА АТАКИ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА

(Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Истинные и местные углы атаки не могут быть измерены непосредственно прямыми методами. Их размеры определяют по размерам других величин, используемых как естественный носитель сигнала измерительной информации и связанных с ними некоторой функциональной зависимостью-уравнением измерения.

Теоретические исследования и практические разработки способов и средств измерения аэродинамических углов проводятся по двум направлениям: на основе вычислений по параметрам, характеризующим движение летательного аппарата, а также на основе измерений взаимодействия набегающего потока с приемниками или непосредственно с поверхностью ЛА. Основным преимуществом данного направления является возможность использования для определения аэродинамических углов датчиков, не имеющих непосредственного контакта с набегающим потоком.

Все многообразие датчиков аэродинамических углов по виду входного информативного параметра, физической природе входного сигнала, принципу действия, способу обработки входных сигналов, обеспечению помехоустойчивости измерительной цепи и другим признакам.

По принципу действия можно выделить следующие датчики аэродинамических углов: флюгерные, пневматические, комбинированные, термоанемометрические, меточные, вихревые, резонансные, акустические и др.

Наиболее распространенные измерителями являются датчики флюгерного типа, пневматический. Несмотря на распространенность флюгерный датчик имеет низкую точность на малых скоростях и малая полоса пропускания частот [1]. Ведут активную разработку и других типов датчиков, которые являются наиболее точными в измерение угла атаки, но имеют другие нюансы, которые связаны с высокой стоимостью, дорогим обслуживанием, (меточные) низкой надежностью(комбинированные).