

ОТЗЫВ

официального оппонента Лихобабина Евгения Александровича
на диссертационную работу Саида Басема Абдулсалама Салеха
на тему «Совершенствование функциональных характеристик кодеков систем
управления реального времени на базе когнитивного процессора»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и
систем управления»

Актуальность темы диссертационной работы. Концепция построения перспективных интеллектуальных систем управления (ИСУ) базируется на нескольких основных принципах, которые включают в себя основы ситуационного управления, архитектуру иерархического построения системы управления; обоснованное использование четырех интеллектуальных технологий, наиболее разработанных на сегодняшний день (экспертные системы, нечеткая логика, нейронные сети, ассоциативная память); адекватное соответствие степени интеллектуальности факторам неопределенности, действующим на систему. С одной стороны, решение задач ситуационного управления в первую очередь связано с выявлением деталей, характеризующих особенности факторов описывающих материальную сторону нового состояния системы. А это означает, что реализация принципа во много связывается с комплексом измерений параметров системы и выработки на этой основе управляющих воздействий в качестве реакции на новые вызовы в реализации целевой функции управления. С другой стороны, архитектура иерархического построения системы управления подчеркивает использование сетевых телекоммуникационных технологий для связи различных элементов такой системы в единое целое. Из этого становится ясным тот факт, что телекоммуникационные системы играют решающую роль в вопросах эффективного функционирования ИСУ. Именно от них зависит обновление измерительной информации и доставка к управляемым объектам системы корректирующих данных для обновления заданной ранее целевой функции управления. Поэтому тема диссертационной работы Саида Б.А.С., направленная на исследование эффективных методов обработки цифровых сигналов, модемов и кодеков цифровых систем управления (ЦСУ), обеспечивающих высокую надежность обмена информацией в условиях воздействия помех в телекоммуникационной составляющей таких систем является безусловно актуальной.

Структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность работы, определены цели и задачи диссертационной работы, предметная область исследования, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассматривается совокупность основных принципов построения современных систем управления, вводится понятие целевой функции таких систем и описываются ее основные составляющие. Особое внимание автор

уделяет четырем параметрам: множеству элементов, определяющих состав системы управления, множеству условий ее функционирования, временным параметрам достижения целевой функции управления и надежности доставки команд управления с требуемым уровнем достоверности цифровых данных. Последний параметр автор оценивает как информационную надежность, которая по определению отличается от надежности структурных элементов в формате наработки на отказ или других подобных аппаратных критериев. Следует отметить, что наряду с аппаратурной надежностью целесообразно указывать и надежность применения программных продуктов, используемых в составе управляющих объектов и объектов управления.

В приведенной организационной схеме на рисунке 1.1 в общем правильно отражены основные элементы современных систем управления и указаны факторы, которые снижают информационную надежность получения управляемым устройством ЦКУ. Принципиально это означает, что при безукоризненном функционировании программно-аппаратной части процессора приемника с достаточно высоким уровнем надежности и находящаяся на борту ЦСУ, принятая с искажениями ЦКУ может неправильно передавать смысл переданной команды управления. Вероятность неблагоприятного исхода в подобной ситуации может оказаться на несколько порядков выше из-за влияния помех в среде передачи сигналов. Этот показатель дрейфует в худшую сторону при использовании преднамеренных помех. При этом игроком, оказывающим деструктивное влияние может использоваться тактика силового давления для срыва процесса управления или за счет некоторых структурных помех, выявленных в ходе перехвата данных из канала связи, организовать перехват управления управляемым объектом. В любом из причисленных вариантов работа ИУС может быть сорвана.

Для защиты данных ЦКУ и исключения указанных выше исходов в управлении автором предлагается использование помехоустойчивых кодов. При этом (не исключая традиционных алгебраических подходов к обработке таких кодов приемником) предлагается использование перестановочного декодирования (ПД), позволяющего в максимально возможной степени использовать на приемной стороне введенную на передаче в ЦКУ избыточность. Автором доказывается целесообразность применения ПД на основе асимптотических оценок. Метод ПД не находит широкого применения в традиционных системах обмена данными, поскольку в них применяются достаточно длинные коды. Однако для использования защиты от ошибок относительно коротких команд управления этот метод обладает рядом преимуществ. Одним из таких факторов является возможность предварительного вычисления допустимых перестановок, что обуславливает применение когнитивной карты декодера (ККД). По сути, любая перестановка может быть занесена в когнитивную карту декодера (все перестановки ККД формируют подмножество разрешенных перестановок), которые вычисляются вне процесса оперативной работы декодера, а в ходе его обучения. С каждой перестановкой из ККД связывается порождающая матрица эквивалентного кода, который позволяет выявить вектор ошибок, действовавший на ЦКУ в среде передачи данных. Для реализации ПД необходимы мягкие

решения относительно жестких решений символов. Вопросам формирования таких решений посвящена следующая глава диссертации.

В качестве замечания по первой главе следует отметить некорректное заключение по главе, в котором отсутствует постановка задачи на исследование, объявленная в заголовке параграфа.

Во второй главе главное внимание соискатель обращает на решение задач, связанных с формированием мягких решений для двоичных символов. В качестве основной модели канала связи рассматривается вариант построения стирающего канала с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ), позволяющей абстрагироваться от измерения некоторых статистических характеристик канала для выработки решений о мягких индексах на основе отношения логарифма правдоподобия. Выработка подобных решений требует от системы формирования мягких решений, знание параметров функции плотности распределения вероятностей (ФПРВ) и соответственно дисперсии АБГШ. Подобный подход по очевидным причинам не годится для мобильных управляемых объектов из-за потерь времени на предполагаемый сбор статистических данных в меняющихся условиях при их перемещениях.

Модель со стирающим каналом связи дает возможность автору работы формировать мягкие решения без знания статистических характеристик в формате линейной функции. При этом предлагается формировать целочисленные значения таких индексов. На основе аналитического моделирования каналов с АБГШ соискатель делает вывод о возможности изменять верхние предельные значения мягких оценок в зависимости от типа канала связи. Сравнения максимальных значений ФПРВ в каналах с АБГШ и в каналах оптических систем управления (например, в бортовых системах управления) позволили сделать вывод, что низкие максимумы ФПРВ не соответствуют завышенным максимальным оценкам мягких решений. Такие оценки хорошо коррелируют с высокими значениями ФПРВ именно в оптической среде распространения сигнала. Предлагается в каналах с АБГШ уменьшить вдвое максимальную оценку, что в последующем позволяет сократить время итеративной обработки данных практически на 50%.

В главе уделено внимание анализу появления ошибок первого и второго рода в процедуре формирования мягких решений, которые при реализации ПД могут привести к ошибочному декодированию кодовых векторов. Указанный анализ осуществляется на основе разработанной имитационной модели канала с АБГШ. Приводятся результаты испытаний такой модели, которые указали на определенные пороговые значения отношения сигнал/шум, когда, в частности, вероятность ошибок первого рода возрастает до опасных значений, что требует использования дополнительных средств повышения достоверности ЦКУ, например, за счет алгоритмических методов. В работе предлагается иной путь повышения надежности доставленных команд управления. Предлагается использовать систему итеративных преобразований данных о мягких решениях символов. Для этого в сочетании с проверками на четность, заданных структурой проверочной матрицы кода, используется известный алгоритм подобных преобразований, используемый в длинных турбокодах. Алгоритм по сути реализует байесовский принцип анализа гипотез, позволяющий в конечном итоге повысить значения мягких решений при выполнении условий четности или

исправить жесткое решение о символе при нарушении такого условия. Автор указывает на возможность использования ситуационного подхода в таком анализе, но не детализирует его в подробностях.

Выводы по главе корректны.

В третьей главе осуществляется достаточно успешная попытка обосновать суть регулярного подхода к поиску таких перестановок символов кодового вектора, которые не обеспечивают получение эквивалентных кодов. Подобный эффект возникает только для двоичных избыточных кодов, которые по У. Питерсону не являются максимально декодируемыми.

Автор на основе весового спектра кода Хэмминга (7, 4, 3) делает заключение о том, что комбинации минимального веса в точности совпадают с перестановками, которые не обеспечивают получение эквивалентных кодов. Это наблюдение развивается на код БЧХ (15, 7, 5) и поскольку множество разрешенных комбинаций увеличивается относительно кода Хэмминга предлагается осуществить кластерное разбиение нового множества на подмножества в соответствии с расширением двоичных полей Галуа. В образовавшихся подмножествах легче оценить образцы отрицательных перестановок. Делается общий вывод о том, что число отрицательных перестановок не превышает 10% от общего числа перестановок. Таки образом, подавляющее число перестановок в исследуемом коде обеспечивают получение эквивалентных кодов. В конечном счете это дает возможность предварительного заполнения ККД такими перестановками, т.е. «обучить» декодер распознавать отрицательные перестановки сразу после завершения процедуры сортировки символов. По мнению автора, это способствует более рациональной реализации процедуры ПД для кодеков СУ реального времени, хотя конкретных расчетов именно временных характеристик в работе не приводится.

На основе лексикографического подхода доказываются закономерности между образцами перестановок, занесенных в ККД, и проверочными матрицами эквивалентных кодов. Даются выводы по материалам главы.

В четвертой главе диссертации дается описание и оценка алгоритма перестановочного декодирования, на который автором получен патент РФ на изобретение.

В заключении работы приводятся общие выводы по результатам проведенного исследования. В приложениях приводятся копии документов, подтверждающих новизну технических решений, предложенных автором, и акт реализации результатов исследований в учебном процессе.

Автореферат написан ясным языком и соответствует содержанию диссертации, которая является законченной научно-квалификационной работой. Предложенные автором новые технические решения теоретически обоснованы и подтверждены результатами испытаний разработанных математических моделей. Тематическая ориентация работы, ее содержание и основные результаты соответствуют требованиям паспорта специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» (п.п.1 и п.п. 3)

Обоснованность, новизна и достоверность основных положений диссертации. В качестве главных новых результатов, полученных автором, можно отметить следующие:

- найдены оптимальные, в смысле оценки верхних граничных значений целочисленных мягких решений символов, в аналитическом выражении углового коэффициента, учитывающего свойства среды распространения сигналов управления различной физической природы;

- предложен метод мягкого декодирования комбинаций избыточных кодов, отличающийся снижением вычислительных затрат при использовании принципа «распространения доверия» с локализацией ограниченного числа перестановок в системе перестановочного декодирования;

- разработан регулярный метод поиска комбинаций непроизводительных подстановок для создания когнитивной карты декодера, исключая переборный метод поиска таких подстановок за счет учета весового спектра кода;

- предложен алгоритм ускоренного поиска образующей комбинации циклической орбиты перестановок, использующий двунаправленный цикл поиска такой лексикографически упорядоченной комбинации для произвольной последовательности нумераторов;

- разработано устройство перестановочного декодера, отличающегося упреждающим выявлением непроизводительных перестановок.

Практическая значимость полученных результатов. Практическая значимость работы заключается в строгом, теоретически обоснованном, выборе параметров двоичных избыточных кодов, предлагаемых для использования в кодеках цифровых систем управления для решения вопросов совершенствования функциональных характеристик модемов таких систем с использованием ПД и процессора с когнитивной картой.

Замечания по диссертационной работе. По работе, кроме указанных выше, имеются следующие замечания:

- в работе, говоря о системах управления реального времени, недостаточно полно раскрыта роль канала обратной связи в реализации алгоритмических методов защиты данных, в том числе и при использовании ПД;

- недостаточно ясно раскрыта суть преобразований в соответствии с выражением (1.4) с. 29 диссертации;

- в выражениях (1.9) и (1.10) с. 33 работы нижние пределы суммирования указаны ошибочно со знаком «плюс» вместо «минуса»;

- в разделе 1.6 избыточно приводятся примеры из раздела обработки не двоичных кодов Рида-Соломона, которые в последующих параграфах вообще не фигурируют;

- замечен ряд стилистических и грамматических ошибок, которые затрудняют чтение работы.

Приведенные недостатки не уменьшают научную значимость и практическую ценность проведенного диссертационного исследования. Содержащиеся в автореферате материалы и опубликованные работы автора в рецензируемых научных изданиях и научных конференциях позволяют сделать вывод о том, что по научному содержанию и полноте выполненных исследований диссертационная работа соответствует критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», которым должна отвечать кандидатская диссертация.

Автор работы Саид Басем Абдулсалам Салех заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Официальный оппонент

кандидат технических наук доцент, доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники Рязанского государственного радиотехнического университета им. В.Ф.Уткина

Лихобабин Евгений Александрович



04.07.2022

Подпись Лихобабина Е.А. удостоверяю,
ученый секретарь ученого совета РГРТУ,
к.ф.-м.н., доцент

К.В. Бухенский

Официальный оппонент Лихобабин Евгений Александрович кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», Россия 390005, Рязанская область, г. Рязань,
ул. Гагарина, д. 59/1 , тел. +7 (4912) 72-03-88, e-mail: likhobabin.e.a@tor.rsreu.ru