

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 004.021:004.4

На правах рукописи

МАРКО
Антон Фёдорович

**АЛГОРИТМЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ
И СООТВЕТСТВИЯ ВЕРСИЙ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра

по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии
(профилизация «Компьютерные технологии проектирования
электронных систем»)

Минск 2021

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **КАРПОВИЧ Святослав Евгеньевич**,
доктор технических наук, профессор кафедры
высшей математики учреждения образования
«Белорусский государственный университет ин-
форматики и радиоэлектроники»

Рецензент: **УРБАНОВИЧ Павел Павлович**,
доктор технических наук, профессор кафедры
информационных систем и технологий учрежде-
ния образования «Белорусский государственный
технологический университет»

Защита диссертации состоится «27» апреля 2021 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, E-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Объединение узлов точной механики с электронными, электрическими и компьютерными компонентами позволило осуществлять проектирование и производство качественно новых модулей, систем и машин с их интеллектуальным управлением. С развитием электрических приводов и возможностей их применения в индустриально-производственных и транспортных системах, стала очевидна необходимость полной интеграции составляющих элементов электропривода: механики, электрических машин, силовой электроники, микропроцессорной техники и программного обеспечения для наиболее полного использования возможностей современного электропривода и построения на его основе мехатронных систем перемещения. В данном направлении исследования проводят учёные: С.Е. Карпович, С.В. Лукьянец и др.

Проведённый анализ современных программно-аппаратных средств показал, что наиболее эффективной технологией для реализации управления системами многокоординатных перемещений в режиме реального времени является технология *EtherCAT*, внедрение которой требует разработки дополнительных программных приложений.

На сегодняшний день разработка программного обеспечения не обходится без применения специальных инструментов, которые повышают эффективность разработки за счёт снижения трудоёмкости выполняемых операций. К таким инструментам относятся различные среды разработки программного обеспечения и системы контроля версий. В данных системах существует проблема отсутствия универсального решения для версионирования *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения для установления связи между данными файлами и их исходным кодом. Также в литературе недостаточно хорошо проработан вопрос контроля целостности программного обеспечения, в частности объектов базы данных (таблицы, хранимые процедуры, функции). Исследования по данной теме проводят учёные: Т. Кормен, Ч. Лайзерсон, Д. Кнут и др.

Обеспечение обновления версий *dll*-библиотекам и исполняемым *exe*-файлам программного обеспечения для управления систем перемещений по технологии *EtherCAT* при внесении изменений в их исходный код, а также осуществление контроля целостности объектов данного программного обеспечения в процессе эксплуатации позволит: сократить временные затраты на ручное версионирование, исключить необходимость регрессионного тестирования, оценить значимость выполненных изменений, детектировать изменения в программном обеспечении и тем самым уменьшить вероятность его использования с незапланированными изменениями, и доказывает актуальность выбранной темы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В связи с наметившимся внедрением технологии *EtherCAT* в прецизионное технологическое оборудование для управления его мехатронными системами многокоординатных перемещений актуальной и важной является разработка специальных инструментов, позволяющих разрабатывать программное обеспечение системы управления в множестве версий и тем самым с постоянным изменением исходного кода. К таким инструментам относятся различные среды разработки и системы контроля версий. На сегодняшний день отсутствует универсальное решение для версионирования *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения, а также контроля целостности программного обеспечения, в частности объектов базы данных. Поэтому актуальной и важной является разработка инструментария по версионированию указанных бинарных файлов и контролю целостности программного обеспечения.

Степень разработанности проблемы

Анализ доступных источников показывает, что работы в направлении алгоритмизации версионирования и контроля целостности программных продуктов проводят учёные: Т. Кормен, Ч. Лайзерсон, Д. Кнут и др. В настоящее время не существует универсального метода и алгоритмической базы, позволяющих выполнять автоматизированное версионирование и контроль целостности, поэтому опыт зарубежных исследователей, разработчиков весьма полезен, хотя конкретная технология, например технология *EtherCAT* требует своих подходов, методов и алгоритмов.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является обеспечение автоматизированного обновления версий *dll*-библиотекам и исполняемым *exe*-файлам программного обеспечения для управления систем перемещений по технологии *EtherCAT* при внесении изменений в их исходный код, а также осуществление контроля целостности объектов данного программного обеспечения в процессе его эксплуатации.

Поставленная цель работы определяет **следующие основные задачи:**

1. Провести обзор и анализ существующих методов и алгоритмов процедуры версионирования исходного кода программного обеспечения, формирующихся при сборке *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов, существующих систем контроля версий программного обеспечения, а также методов и

алгоритмов процедуры контроля целостности объектов программного обеспечения в процессе эксплуатации.

2. Разработать метод и алгоритмы процедуры версионирования, позволяющие обновлять версии *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения при внесении изменений в исходный код, соответствующий данным файлам.

3. Разработать метод и алгоритмы процедуры контроля целостности объектов программного обеспечения, позволяющие формировать и сравнивать контрольные суммы с использованием хэш-функции *MD5* в процессе эксплуатации.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 80 03-2019 специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии (профилизация «Компьютерные технологии проектирования электронных систем»).

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных учёных в области версионирования и контроля целостности программного обеспечения для систем управления в режиме реального времени.

Информационная база сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

В связи с ограниченности в доступной информации по методам и алгоритмам контроля целостности и соответствия версий программного продукта, предназначенного для использования при разработке систем перемещений реального времени, была использована документация компании Рух моторс и ГНПО Планар. Также были использованы результаты собственных исследований, полученные в рамках выполненных проектов с участием автора диссертации по фонду фундаментальных исследований по темам «Разработка имитационных моделей координатных систем перемещений и проведение компьютерного исследования их кинематических и динамических характеристик», «Имитационное моделирование мехатронной системы параллельной кинематики на шестикоординатном гибридном приводе прямого действия».

Научная новизна

Научная новизна состоит в разработке алгоритмов и методов версионирования и контроля целостности программного обеспечения для управления систем многокоординатных перемещений, а также мобильных транспортных

систем различного уровня автоматизации включая транспортные узлы метро, при реализации реального режима времени.

Теоретическая значимость работы заключается в предложенных методах и алгоритмах, обеспечивающих возможность версионирования *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения при внесении изменений в исходный код, соответствующий данным файлам и контроля целостности объектов программного обеспечения в процессе эксплуатации.

Практическая значимость полученных результатов состоит во внедрении методов и алгоритмов версионирования и контроля целостности программного обеспечения в прецизионные многокоординатные системы и транспортные узлы с возможностью оптимизации процесса разработки программного обеспечения, связывания исходного кода с *dll*-библиотеками и исполняемыми *exe*-файлами, а также в уменьшении вероятности использования программного обеспечения с незапланированными изменениями.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Метод и алгоритм процедуры версионирования *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения, заключающиеся в автоматизированном обновлении версий *dll*-библиотекам и исполняемым *exe*-файлам при внесении изменений в их исходный код и позволяющий сократить временные затраты на ручное версионирование, исключить человеческий фактор и необходимость регрессионного тестирования неизменённых компонентов программного обеспечения, а также оценить значимость выполненных изменений в программном обеспечении по отношению к предыдущей версии.

2. Метод и алгоритм процедуры контроля целостности программного обеспечения, заключающиеся в формировании эталонных контрольных сумм с использованием хэш-функции *MD5* для объектов программирования и объектов баз данных программного обеспечения, сравнении их с текущими контрольными суммами и позволяющие детектировать любые изменения указанных объектов и тем самым уменьшить вероятность использования программного обеспечения с незапланированными изменениями.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 16-ой Белорусско-российской научно-технической конференции «Технические средства защиты информации» (г. Минск, 2018

год), Международной конференции «Информационные технологии и системы 2018» (г. Минск, 2018 год), Международной конференции «Информационные технологии и системы 2019» (г. Минск, 2019 год), 5-ой Международной научно-практической конференции «BIG DATA и анализ высокого уровня» (г. Минск, 2019 год), 11-ой Международной научно-методической конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (г. Минск, 2019 год).

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 8 печатных работах. В их числе 2 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов исследований, 3 статьи в сборниках материалов научных конференций, 3 тезиса докладов на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 18 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трёх глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе проведён обзор и анализ существующих методов и алгоритмов версионирования исходного кода программного обеспечения, формирующихся при сборке *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов, возможность расширения функциональности системы *Team Foundation Server (TFS)*, а также методов и алгоритмов контроля целостности программного обеспечения.

Во второй главе представлен разработанный метод и алгоритм версионирования *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов, которые реализованные в виде расширения системы *TFS*, а также метод и алгоритм контроля целостности программного обеспечения в процессе эксплуатации.

В третьей главе представлена реализация разработанных методов и алгоритмов в системе многокоординатных перемещений тестера печатных плат, а также в системе управления транспортным оборудованием.

В приложении представлены публикации автора и акты внедрения.

Общий объем диссертационной работы составляет 91 страницу. Из них 40 страниц основного текста, 22 иллюстрации на 20 страницах, библиографический список из 39 наименований на 3 страницах, список собственных публикаций соискателя из 8 наименований на 2 страницах, 6 приложений на 37 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены механизмы прецизионных перемещений в системах управления с использованием режима реального времени по технологии *EtherCAT*, современное состояние проблемы разработки программного обеспечения для данных систем с применением версионирования и контроля целостности, а также описано обоснование актуальности темы.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В **первой главе** приведён обзор современных методов и алгоритмов версионирования программного обеспечения, реализованные различными системами контроля версий, возможность разработки новых алгоритмов и их внедрения в данные системы, а также методы и алгоритмы контроля целостности данных.

Из проведённого анализа следует, что проблема версионирования программного обеспечения заключается в отсутствии универсального метода версионирования *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов. Решение данной проблемы позволит установить связь между *dll*-библиотеками и исполняемыми *exe*-файлами с исходным кодом программы и тем самым сократит затрачиваемое время на ручное версионирование и оптимизирует процесс разработки.

Проведённый анализ методов и алгоритмов контроля целостности показал, что широкое применение имеет метод формирования контрольных сумм с использованием хэш-функций. Проблема заключается в отсутствии универсального метода получения контрольных сумм для объектов базы данных. Предложенное решение позволит осуществлять контроль целостности всех объектов программного обеспечения.

Во **второй главе** представлены разработанные методы и алгоритмы версионирования и контроля целостности программного обеспечения. Сущность предложенного метода версионирования состоит в обновлении версии *dll*-библиотек и *exe*-файлов при внесении изменений в их исходный код. Разработанные алгоритмы реализованы в виде *.NET*-классов, представляющие собой *VSIX*-расширение для системы *TFS*. Представленный метод берет за основу подход семантического версионирования, при котором в зависимости от степени важности внесённых изменений обновляется тот или иной разряд версии.

Предложенный алгоритм обновления версий проектам состоит из следующих этапов:

1. Подключение к серверу системы *TFS* для обмена данными с использованием программных интерфейсов.

2. Выбор решения, для которого требуется выполнить версионирование проектов, его структурный анализ.

3. Выбор режима версионирования. Предложенный алгоритм обновления версий реализует 3 режима: исторический режим – проводится проверка на актуальность версии всех проектов; режим текущих изменений – обновляются только версии проектов, файлы которых находятся в текущих изменениях; принудительный режим – обновление версий выполняется всем проектам решения на введённую пользователем. Перечисленные режимы алгоритма версионирования проектов представлены на рисунке 1.

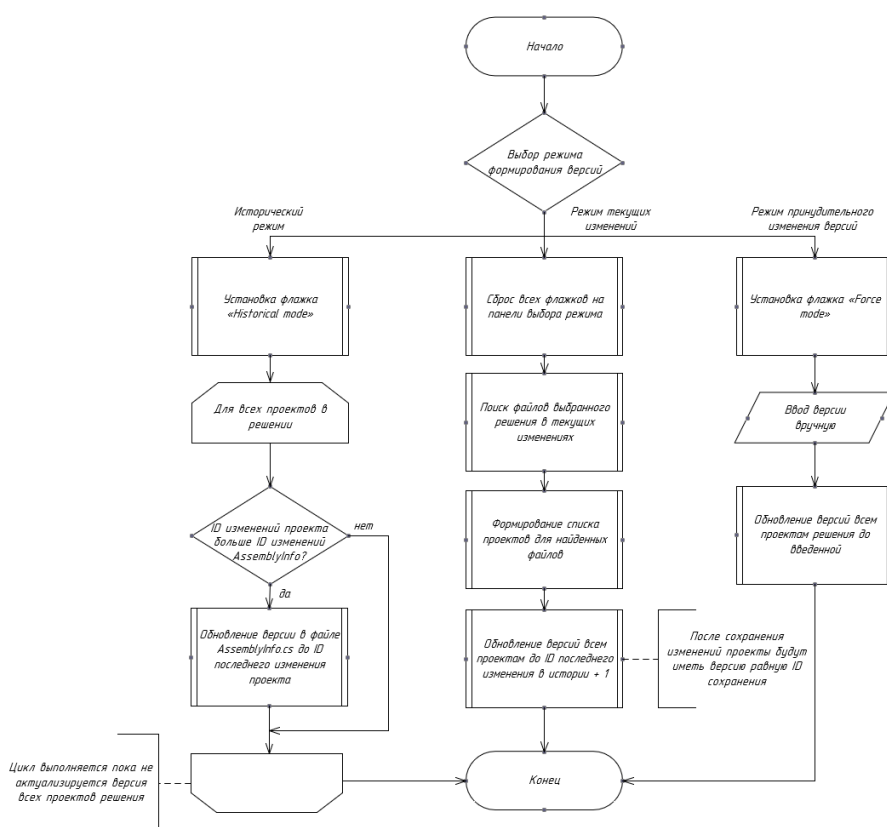


Рисунок 1 – Алгоритмы обновления версий

В результате использования предложенных алгоритмов формируются *dll*-библиотеки и *exe*-файлы, версия которых соответствует версиям их исходного кода в системе *TFS*, представленной номером последнего сохранения.

Сущность метода и алгоритмов контроля целостности состоит в формировании эталонных контрольных сумм в виде *MD5*-значений для объектов базы данных, объектов программирования и объектов данных, сравнении сформированных эталонных *MD5*-значений с текущими. В результате разработанные алгоритмы позволяют детектировать изменения указанных объектов и тем самым исключить вероятность использования изменённой версии.

Предложенный метод контроля целостности берет за основу подход формирования и сравнения *MD5*-значений. Для каждой категории объектов,

выделяемых в программном обеспечении, разработаны свои алгоритмы формирования *MD5*-значений.

При формировании *MD5*-значения для *SQL*-таблицы предложен следующий алгоритм: в таблице построчно консолидируются значения в каждом столбце и в результате на выходе получается строка, далее для строки рассчитывается *MD5*-значение. Для получения *MD5*-значения *SQL*-процедуры извлекается её исходный код, игнорируя пустые строки, переносы, табуляцию и другие, не влияющие на логику работы процедуры символы, полученный код процедуры представляет собой также строку, для которой рассчитывается *MD5*-значение. При формировании *MD5*-значения для файла вначале он конвертируется в массив байт, далее для полученного массива рассчитывается контрольная сумма.

В третьей главе разработанные в диссертации методы и алгоритмы версионирования и контроля целостности были использованы при выполнении ряда госбюджетных и хоздоговорных тем научных исследований, проводимых в учебно-научной лаборатории «Математическое моделирование технических систем и информационных технологий» (научный руководитель профессор, доктор технических наук Карпович С.Е.).

Одним из характерных объектов внедрения явились мультикоординатные планарные системы, разрабатываемые с нашим участием и производимые на предприятии ООО «Рух моторс» для канадской фирмы *Acculogic*, выпускающей автоматические установки тестирования крупноформатных печатных плат в сборе с электронными компонентами.

Традиционная аппаратно-программная реализация не позволяет создавать системы управления тестерами печатных плат в реальном режиме времени, поэтому нами для реализации системы управления реального времени было предложено новое аппаратно-программное решение, основанное на технологии *EtherCAT*. Такое решение безусловно требует автоматизированного версионирования программного обеспечения и его контроля целостности.

В рамках договора о сотрудничестве между БГУИР и *CS&IE* (г. Вена, Австрия) проводились совместные исследования по моделированию управления транспортным оборудованием, включая системы автоматизированного управления движением Венского метрополитена. Исследовалось применение различных технологий и программного обеспечения позволяющих осуществлять передачу данных и их обработку в системах управления метро.

Основной целью программного обеспечения данной системы является осуществление регулирования движением поездов метрополитена согласно составленному расписанию и обеспечение безопасности пассажиров.

Взаимодействие оператора с рассматриваемой системой автоматизированного управления осуществляется посредством путевых карт линий метро.

Путевые карты представляют собой топологические схемы линий метро и содержат станции, платформы, основные и резервные пути между станциями, светофоры, стрелки, а также текущее положение поездов.

Такие системы автоматизированного управления движением поездов требуют реализации программного обеспечения с обязательным версионированием *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов и контролем целостности.

Для вышеназванных систем предназначены разработанные в диссертации методы и алгоритмы обновления версий *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения заключаются в автоматизированном обновлении версий *dll*-библиотекам и исполняемым *exe*-файлам при внесении изменений в их исходный код и позволяет сократить временные затраты на ручное версионирование, исключить человеческий фактор и необходимость регрессионного тестирования неизменённых компонентов программного обеспечения, а также оценить значимость выполненных изменений в программном обеспечении по отношению к предыдущей версии.

Разработанные метод и алгоритм контроля целостности программного обеспечения заключаются в формировании эталонных контрольных сумм с использованием хэш-функции *MD5* для объектов программирования и объектов баз данных, сравнении их с текущими контрольными суммами, и позволяют детектировать любые изменения указанных объектов и тем самым уменьшить вероятность использования программного обеспечения с незапланированными изменениями.

Предложенные алгоритмы версионирования реализованы в виде расширения для системы *TFS*, в которой выполняется разработка программного обеспечения для систем управления. Обновление версии проектам происходит автоматически в момент сохранения изменений в систему *TFS*. Версия обновляется в файле *AssemblyInfo*, если был изменён, удалён или добавлен один или несколько файлов проекта. При сборке версии программного обеспечения формируются *dll*-библиотеки и исполняемые *exe*-файлы, версии которых соответствуют версиям файлов *AssemblyInfo*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен анализ существующих методов и алгоритмов версионирования и контроля целостности программного обеспечения, систем контроля версий и сред разработки программного обеспечения. Выявлено, что в настоящее время отсутствует универсальное решение для версионирования *dll*-биб-

лиотек и исполняемых *exe*-файлов, и контроля целостности объектов баз данных.

2. Разработаны метод и алгоритм обновления версий *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения, заключающиеся в автоматизированном обновлении версий *dll*-библиотекам и исполняемым *exe*-файлам при внесении изменений в их исходный код и позволяющий сократить временные затраты на ручное версионирование, исключить необходимость регрессионного тестирования неизменённых компонентов программного обеспечения, а также оценить значимость выполненных изменений по отношению к предыдущей версии [6, 7, 8].

3. Разработаны метод и алгоритм контроля целостности программного обеспечения, заключающиеся в формировании эталонных контрольных сумм с использованием хэш-функции *MD5* для объектов программирования и объектов баз данных, сравнении их с текущими контрольными суммами, и позволяющие детектировать любые изменения указанных объектов и тем самым уменьшить вероятность использования программного обеспечения с незапланированными изменениями [1, 2, 5].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанные методы и алгоритмы версионирования и контроля целостности программного продукта могут быть рекомендованы для разработки программного обеспечения, связанного с управлением в реальном времени многокоординатными системами перемещений, использующими программно-аппаратную технологию *EtherCAT*: тестеры печатных плат, системы многокоординатных перемещений сборочного и оптико-механического оборудования микроэлектроники, транспортные системы различного назначения.

Полученные результаты были внедрены на предприятии «Рух моторс» (г. Минск) и в компании «*CS&IE*» (г. Вена, Австрия).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в рецензируемых журналах

1. Марко, А.Ф. Версионирование и контроль целостности программного обеспечения для управления системами перемещений в режиме реального времени / А.Ф. Марко // Сборник научных работ студентов Республики Беларусь «НИРС 2018» / редкол. : И. А. Старовойтова (пред.) [и др.]. – Минск : Изд. центр БГУ, 2019. – С. 191–195.

2. Марко, А.Ф. Версионирование и контроль целостности программного обеспечения при управлении многокоординатными системами реального времени / А.Ф. Марко, В.Н. Нестеренко, А.С. Манин // Теоретическая и прикладная механика [Электронный ресурс] : международный научно-технический

сборник / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: А. В. Чигарев (пред. редкол.). – Минск : БНТУ, 2019. – Вып. 34. – С. 201–205.

Статьи в сборниках научных трудов

3. Марко, А. Ф. Программное средство для обеспечения целостности при разработке и эксплуатации системы автоматизированного управления транспортным оборудованием / А. Ф. Марко, К. В. Чеушев, М. В. Лобашинский // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018) = Information Technologies and Systems 2018 (ITS 2018) : материалы международной научной конференции, Минск, 25 октября 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2018. – С. 122-123.

4. Марко, А.Ф. Разработка расширения системы контроля версий для отслеживания версий проектов при сборке программного продукта / А.Ф. Марко, К.В. Чеушев // Новые мат. методы и комп. технологии в проект., произв. и научн. исследованиях: материалы XXI Респ. научн. конф. студ. и асп., Гомель, Респ. Беларусь – Гомель, 19–21 марта 2018. – С. 317–318.

5. Марко, А.Ф. Программный модуль контроля целостности в системах управления реального времени / В.В. Кузнецов, А.Ю. Войтов, А.Ф. Марко // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13–14 марта 2019 года). В 2 ч. Ч. 1 / редкол. : В. А. Богущ [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 221-223.

Тезисы конференций

6. Марко, А. Ф. Программное средство для верификации целостности / А. Ф. Марко // Технические средства защиты информации : тезисы докладов XVI Белорусско-российской научно – технической конференции, Минск, 5 июня 2018 г. – Минск: БГУИР, 2018. – С. 63.

7. Марко, А. Ф. Программирование расширения интегрированной среды разработки VS2017 / А. Ф. Марко, К. В. Чеушев // Технические средства защиты информации : тезисы докладов XVI Белорусско-российской научно – технической конференции, Минск, 5 июня 2018 г. – Минск: БГУИР, 2018.

8. Кузнецов, В.В. Расширение системы контроля версий для верифицирования сборок программного обеспечения / В.В. Кузнецов, А.Ф. Марко, К.В. Чеушев // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, 2018 [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/7315/7315.pdf>.

РЭЗІЮМЭ
Марко Антон Фёдаравіч
Алгарытмы і метады кантролю цэласнасці і адпаведнасці версій
праграмнага прадукту

Ключавыя словы: праграмнае забеспячэнне, версіяніраванне, кантроль цэласнасці.

Мэта працы: забяспечыць аўтаматызаванае абнаўлення версій *dll*-бібліятэкам і выконваемым *exe*-файлам праграмнага забеспячэння для кіравання сістэм перамяшчэнняў па тэхналогіі *EtherCAT* пры унясенні змяненняў у іх зыходны код, а таксама забяспечыць кантроль за цэласнасцю дадзенага праграмнага забеспячэння ў працэсе эксплуатацыі.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: выкананы аналіз існуючых метадаў і алгарытмаў версіяніравання і кантролю цэласнасці праграмнага забеспячэння. Выяўлена, што ў сучасных сістэмах распрацоўкі і кантролю версій адсутнічае магчымасць версіяніравання *dll*-бібліятэк і выконваемых *exe*-файлаў праграмнага забеспячэння, таксама ў айчыннай і замежнай літаратуры універсалаўнага рашэння для кантролю цэласнасці праграмнага забеспячэння, асабліва аб'ектаў базы дадзеных (табліцы, захоўваемыя працэдуры, функцыі); распрацаваны метады і алгарытмы версіяніравання *dll*-бібліятэк і выконваемых *exe*-файлаў праграмнага забеспячэння, які складаецца ў аўтаматызаваным абнаўленні версій *dll*-бібліятэкам і выконваемым *exe*-файлам пры унясенні змяненняў у іх зыходны код і які дазваляе скараціць затраты на ручное версіяніраванне, выключыць неабходнасць рэгрэсійнага тэставання нязменных кампанентаў праграмнага забеспячэння, а таксама ацаніць значнасць выкананых змяненняў у праграмным забеспячэнні ў адносінах да папярэдняй версіі; распрацаваны метады і алгарытмы працэдуры кантролю цэласнасці праграмнага забеспячэння, які складаецца ў фарміраванні эталонных кантрольных сум з выкарыстаннем хэш-функцыі *MD5* для аб'ектаў праграмнага забеспячэння, параўнанні іх з актуальнымі кантрольнымі сумамаі і які дазваляе дэтэктаваць змены і тым самым зменшыць верагоднасць выкарыстання праграмнага забеспячэння з незапланаванымі зменамі.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў праграмнае забяспячэнне для сістэм кіравання мехатронных перамяшчэнняў тэстараў друкаваных поплаткаў на прадпрыемстве «Рух мотарс» і ў праграмнае забяспячэнне для сістэм кіравання транспартным абсталяваннем у рэжыме рэальнага часу ў кампаніі *CS&IE* (г. Вена, Аўстрыя).

Вобласць ужывання: сістэмы кіравання прэцызійных перамяшчэнняў, версіяніраванне і кантроль цэласнасці праграмнага забеспячэння.

РЕЗЮМЕ

Марко Антон Фёдорович

Алгоритмы и методы контроля целостности и соответствия версий программного продукта

Ключевые слова: программное обеспечение, версионирование, контроль целостности.

Цель работы: обеспечить автоматизированное обновления версий *dll*-библиотекам и исполняемым *exe*-файлам программного обеспечения для управления систем перемещений по технологии *EtherCAT* при внесении изменений в их исходный код, а также обеспечить контроль за целостностью данного программного обеспечения в процессе эксплуатации.

Полученные результаты и их новизна: выполнен анализ существующих методов и алгоритмов версионирования и контроля целостности программного обеспечения. Выявлено, что в современных системах разработки и контроля версий отсутствует возможность версионирования *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения, также в отечественной и зарубежной литературе универсального решения для контроля целостности программного обеспечения, особенно объектов базы данных (таблицы, хранимые процедуры, функции); разработан метод и алгоритм версионирования *dll*-библиотек и исполняемых *exe*-файлов программного обеспечения, заключающийся в автоматизированном обновлении версий *dll*-библиотекам и исполняемым *exe*-файлам при внесении изменений в их исходный код и позволяющий сократить временные затраты на ручное версионирование, исключить необходимость регрессионного тестирования неизменённых компонентов программного обеспечения, а также оценить значимость выполненных изменений в программном обеспечении по отношению к предыдущей версии; разработан метод и алгоритм процедуры контроля целостности программного обеспечения, заключающийся в формировании эталонных контрольных сумм с использованием хэш-функции *MD5* для объектов программного обеспечения, сравнении их с текущими контрольными суммами и позволяющий детектировать изменения и тем самым уменьшить вероятность использования программного обеспечения с незапланированными изменениями.

Степень использования: результаты внедрены в программное обеспечение для систем управления мехатронными перемещениями тестеров печатных плат на предприятии «Рух моторс» и в программное обеспечение для систем управления транспортным оборудованием в режиме реального времени в компании «CS&IE» (г. Вена, Австрия).

Область применения: системы управления прецизионными перемещениями, версионирование и контроль целостности программного обеспечения.

SUMMARY

Marko Anton Fyodorovich

Algorithms and methods for controlling the integrity and compliance of software versions

Keywords: software, versioning, integrity control.

The object of study: Provide automated updates of versions of dll-libraries and executable exe-files of software for controlling motion systems using EtherCAT technology when making changes to their source code, as well as ensure control over the integrity of this software during operation.

The results and novelty: the analysis of existing methods and algorithms for versioning and software integrity control has been carried out. It was revealed that in modern development and version control systems there is no possibility of versioning dll-libraries and executable exe-files of software, also in the domestic and foreign literature of a universal solution for controlling the integrity of software, especially database objects (tables, stored procedures, functions); a method and algorithm for versioning dll-libraries and executable exe-files of software has been developed, which consists in automated updating of versions of dll-libraries and executable exe-files when changes are made to their source code and allowing to reduce the time spent on manual versioning, eliminate the need for regression testing of unchanged software components, as well as assess the significance of the changes made in the software in relation to the previous version; a method and algorithm for the software integrity control procedure has been developed, which consists in generating reference checksums using the MD5 hash function for software objects, comparing them with current checksums and allowing to detect changes and thereby reduce the likelihood of using software with unplanned changes.

Degree of use: the results were implemented in software for control systems for mechatronic movements of PCB testers at «Ruch motors» and in software for real-time control systems for transport equipment at «CS&IE» (Vienna, Austria).

Sphere of application: precision motion control systems, versioning and software integrity control.