

Перспективы внедрения в инфраструктуру российских организаций рабочих станций на базе процессоров серии Эльбрус под управлением операционной системы Astra Linux Special Edition

В. Н. Титаренко, email: Peresl77@mail.ru¹
Н. С. Губорев, email: nail1761@gmail.com²
И. В. Кузнецов, email: iljakuzne@rambler.ru²
В. С. Пылин, email: pylin.vs@gmail.com²

¹ НИО НИЦ КВВУ им. генерала армии С.М, Штеменко, г. Краснодар
² ФГАУ «ВИТ «ЭРА», г.Анапа

***Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы и преимущества использования отечественной программно-аппаратной платформы, состоящей из микропроцессора Эльбрус-8С и ОС Astra Linux Special Edition «Ленинград».*

***Ключевые слова:** linux, Astra, Эльбрус, импортозамещение.*

Введение

В целях защиты внутреннего рынка Российской Федерации, развития национальной экономики, поддержки российских организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере информационных технологий, 20 ноября 2015 года на сайте Правительства Российской Федерации опубликовано Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2015 года № 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» с 1 января 2016 года, согласно которому заказчик, закупающий программное обеспечение для государственных и муниципальных служб, и¹ имеет право приобрести за некоторым исключением только те программные средства, которые включены в реестр российского программного обеспечения [1]. Данное постановление простимулировало отечественных производителей программного обеспечения и электроники и создало более благоприятные условия для распространения и продвижения своей продукции внутри страны. Относительно широкое применение в сфере

© Титаренко В.Н., Губорев Н.С., Кузнецов И.В., Пылин В.С., 2020

программного обеспечения приобрела операционная система (далее ОС) специального назначения Astra Linux, а в сфере микроэлектроники – семейство микропроцессоров «Эльбрус», разрабатываемых российской компанией МЦСТ при участии ИНЭУМ. В данной статье будут более подробно рассмотрены преимущества сочетания продуктов данных серий, в частности работы персональных компьютеров на базе процессора Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux Special Edition «Ленинград».

1. Область применения отечественной программно-аппаратной платформы

В соответствии с ранее названным Постановлением об ограничении госзакупок иностранного программного обеспечения логично предположить, что прежде всего рабочие станции, работающие на базе серии процессоров «Эльбрус» под управлением ОС Astra Linux Special Edition, заинтересуют государственные органы. Важным моментом также является наличие у ОС Astra Linux Special Edition сертификатов ФСТЭК, ФСБ и Министерства обороны РФ, из чего следует, что эта система защищена от несанкционированного доступа к внутренней информации с помощью эксплуатации недеklarированных возможностей и будет востребована в организациях, работающих с информацией, относящейся к государственной тайне. Однако, рынок потенциальных клиентов, которые могут быть заинтересованы во внедрении в свою инфраструктуру российских разработок, не ограничивается лишь описанными ранее организациями. 20 февраля 2020 был утверждён Приказ ФСТЭК № 35 «О внесении изменений в Требования по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, утверждённые приказом Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 25 декабря 2017 г. № 239» [2]. Данный указ направлен на использование на объектах КИИ РФ преимущественно отечественного программного обеспечения и оборудования.

Таким образом в применении отечественных разработок будут нуждаться компании, работающие в стратегически важных для государства областях: здравоохранении, науке, транспорте, связи, банковской сфере, топливно-энергетическом комплексе, оборонной, ракетно-космической, горнодобывающей, металлургической и химической промышленности. Можно сделать вывод, что комбинация таких российских продуктов, как рабочая станция на базе процессора Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux Special Edition «Ленинград», может заинтересовать многие российские организации.

Но этот интерес может быть вызван и рядом преимуществ данных продуктов, которые следует рассмотреть более подробно.

2. Характеристики и особенности процессора «Эльбрус-8С»

Микропроцессор Эльбрус-8С является процессором общего назначения, работающим на архитектуре VLIW. Особенностью данной архитектуры является поддержка сверхдлинного командного слова – инструкция процессора, которая может содержать несколько операций выполняющихся параллельно. Архитектура VLIW значительно упрощает аппаратную структуру процессора и позволяет выполнять несколько машинных команд за один такт. Однако за счёт упрощения архитектуры усложняется процесс компиляции. Из-за этого проектирование компиляторов на данную архитектуру заметно сложнее по сравнению с другими архитектурами. Программировать под данную архитектуру также достаточно сложно из-за того, что для достижения максимальной производительности процессора «Эльбрус» требуется заполнять каждое машинное слово максимальным количеством команд, что для некоторого класса задач может быть проблемой.

В данный момент актуальным процессором архитектуры «Эльбрус» является процессор 8С. Данный процессор является 4 поколением процессоров «Эльбрус» и имеет 8 ядер с тактовой частотой 1300 мегагерц, 16 мегабайт кэша 3 уровня и способен работать с 4 каналами оперативной памяти. Данный процессор изготовлен по технологическому процессу 28 нанометров и поддерживает работу в многопроцессорных системах, в количестве до четырёх вычислительных модулей. Сравнение данного процессора с аналогами представлен в таблице.

Таблица

Сравнительные характеристики процессоров МЦСТ и Intel

Процессор	Эльбрус 4С	Эльбрус-8С	Intel Core i3-3110M	Intel Xeon E5-2609 v3
Характеристики				
Микроархитектура	Эльбрус поколение 3	Эльбрус поколение 4	Ivy Bridge	Haswell
Тактовая частота, МГц	800	1300	2400	1900
Пиковая производительность (ГФлопс)	25	125	38,4	182,4

Число ядер	4	8	2	6
Кэш-память L3 (Мб)	8	16	3,5	15

Окончание таблицы

Процессор Характеристики	Эльбрус 4С	Эльбрус- 8С	Intel Core i3- 3110М	Intel Xeon E5- 2609 v3
Количество каналов памяти	3	4	2	4
Пропускная способность каналов памяти (ГБ/сек)	38,4	51,2	25,6	51,2
Многопроцессорность	До 4	До 4	Нет	До 2
Технологический процесс (нм)	65	28	22	22
Тепловыделение (Вт)	45	70	35	85

При рассмотрении данной таблицы можно заметить, что технологическое отставание отечественных процессоров уже сейчас кажется не совсем большим. Тактовая частота процессора Эльбрус-8С ниже, чем у приведённых процессоров Intel, но за счёт организации параллелизма и хорошей оптимизации программного кода под данный процессор, этот недостаток может быть невеликован. По пиковой производительности отечественный процессор уже сейчас обгоняет серверный процессор Xeon E5-2609, а по количеству выполняемых команд за один такт превосходит любого конкурента.

Рассмотрим основные преимущества архитектуры процессора Эльбрус-8С по сравнению с аналогами.

В процессор Эльбрус-8С, встроена аппаратная поддержка защищенных вычислений, что гарантирует защиту от ряда угроз нарушения нормального функционирования пользовательских и системных программ. Архитектура Эльбруса предполагает реализацию обращений к памяти через дескрипторы, которые защищены от изменения и формирования нового дескриптора из частей других дескрипторов. При обращении в память арифметико-логического устройства процессора проверяются внешние теги дескриптора. При несоответствии прав доступа к массиву или несоответствия индекса адресуемого элемента с размером массива генерируется исключение и происходит завершение процесса. Данная технология позволяет защититься от угроз, использующих ошибку переполнения буфера и

выхода за границы массива. Более подробное описание данного механизма защиты выходит за рамки темы статьи и рассмотрено в статье «Безопасная среда исполнения критических приложений во встраиваемых системах на базе вычислительных средств семейства «Эльбрус» [3]. Использование незащищённого режима процессора «Эльбрус» также имеет свои особенности, которые повышают надёжность системы. Стек связующей информации (цепочка адресов возврата функций) отделён от стека пользовательских данных и недоступен для вирусных атак, работающих по принципу подмены адреса возврата.

Данные разработки, повышающие безопасность использования ПЭВМ на архитектуре «Эльбрус» позволяют догнать и превзойти в плане производительности и масштабируемости конкурирующие суперскалярные x86_64 процессоры Intel и AMD. Немаловажную роль в этом играет то, что процессоры «Эльбрус» не подвержены атакам, направленным на использование ошибок спекулятивного вычисления, найденным в процессорах архитектуры x86_64 и ARM. Аппаратные уязвимости процессоров архитектур x86_64 такие как Meltdown (CVE-2017-5754), Spectre (CVE-2017-5753, CVE-2017-5715), RIDL (CVE-2018-12126, CVE-2018-12130), Fallout (CVE-2018-12127), ZombieLoad (CVE-2019-11091) и им подобные были устранены на уровне операционных систем, однако эти меры снижают производительность на данном аппаратном и программном обеспечении на 30-80%. У процессоров «Эльбрус» данная проблема была решена изначально, на уровне планирования архитектуры. Это позволяет утверждать, что разработка программных продуктов под данную архитектуру позволяет избегать создания исправлений безопасности, снижающих производительность.

Одной из слабых сторон применение ПЭВМ на архитектуре «Эльбрус» является относительно малое количество созданного программного обеспечения, оптимизированного для работы с этой платформой, однако, для решения этой проблемы была предусмотрена возможность исполнения двоичных кодов в системе команда x86-64 с помощью динамической трансляции, которая не требует перекомпиляции программы. Данная технология включает в себя два основных компонента: транслятор уровня системы и транслятор уровня приложений. Первый позволяет запускать операционные системы, Windows и GNU/Linux, на рабочих станциях с процессорами серии Эльбрус. Второй позволяет запускать прикладное программное обеспечение, распространяемое для архитектуры x86 для ОС семейства GNU/Linux.

3. Особенности дистрибутива Astra Linux Special Edition «Ленинград»

Подробно рассмотрим преимущества ОС Astra Linux Special Edition «Ленинград», разработанной для вычислительных комплексов с процессорной архитектурой «Эльбрус» в 2018 году. Данная операционная система относится к системам семейства GNU/Linux. Однако в неё встроены дополнительные модули, повышающие стабильность и надёжность работы.

Одна из основных отличительных черт данной системы – реализация мандатной модели доступа. Данная модель подразумевает назначение объектам меток конфиденциальности, а для субъекта – уровней доступа. Для проверки доступа субъекта к объекту происходит сравнение меток конфиденциальности субъекта и объекта и на основе этих меток принимается решение о возможности или невозможности предоставить субъекту доступ до запрашиваемых ресурсов. Кроме того, использование данной модели гарантирует, что при создании новых субъектов и объектов не требуется дополнительного редактирования прав уже созданных субъектов и объектов. Также в Astra Linux «Ленинград» реализована дискреционная модель доступа к объектам, которая присутствует во всех дистрибутивах семейства GNU/Linux. Дискреционная модель подразумевает систему, в которой каждый объект имеет своего владельца – субъекта, который настраивает права доступа к этому объекту. В Astra Linux «Ленинград» описываемые модели доступа работают параллельно, т.е. не влияют на принятие друг другом решений о доступе к объектам. Данное сочетание моделей разграничения прав доступа позволяет гибко настраивать систему доступа к информации и объектам в ОС и предотвращает утечку прав, которая бывает присуща обычным дистрибутивам Linux.

Важной особенностью Astra Linux Special Edition «Ленинград» является механизм контроля целостности, который защищает информацию, хранящуюся на компьютере, от несанкционированной модификации. Например, это может защитить информацию в случае, если злоумышленник получил физический доступ к компьютеру и подменил исполнимые файлы оригинальной программы на зараженные или попытался модифицировать информационные или конфигурационные файлы. В других операционных системах семейства GNU/Linux и в системах семейства Windows для получения данного функционала необходима установка специальных средств защиты информации. Однако в них данный функционал будет работать не на уровне ядра системы, что скажется на производительности и возможностях обхода функциональности данных средств защиты.

Ещё одним преимуществом операционной системы Astra Linux «Ленинград» является механизм очистки оперативной памяти после исполнения программы, что исключает возможность получить какие-либо результаты работы этой программы через API операционной системы или с помощью специальных средств. Также в данной операционной системе реализовано физическое стирание данных на машинных носителях информации с применением специальной маскирующей последовательности, которая исключает возможность восстановления удалённых файлов и возможность анализа поверхности жёстких дисков для восстановления каких-либо данных. Данная возможность Astra Linux «Ленинград» является ключевым элементом обеспечения информационной безопасности для систем, в которых производится обработка государственной тайны. Для достижения подобных результатов в других операционных системах семейства GNU/Linux или семейства Windows требуется использовать дополнительные средства защиты информации.

Astra Linux «Ленинград» на уровне ядра ОС поддерживает режим «киоск», который не позволяет пользователям запускать системные программы. Данная возможность необходима организациям, которые хотят создать из рабочей станции, к примеру, узкоспециализированное рабочее место, платежный терминал или демонстрационную мультимедийную систему для презентаций. Также данная возможность может использоваться при использовании распределённой системы с использованием пользовательских терминалов.

4. Преимущества использования ПЭВМ «Эльбрус» и операционной системы Astra Linux Special Edition «Ленинград»

Использование операционной системы Astra Linux Special Edition «Ленинград» и ПЭВМ «Эльбрус» предоставляет следующие преимущества:

- отсутствие недеklarированных возможностей как в аппаратной, так и в программной составляющей, что обуславливает отсутствие закладок в низкоуровневой части системы;
- наличие средств защиты информации на уровне операционной системы и на уровне аппаратной составляющей, гарантирующих обеспечение безопасности обработки информации;
- сочетание преимуществ аппаратной архитектуры VLIW и портированной под эту архитектуру операционной системы позволяют выдавать достаточную производительность как для работы серверного ПО, так и для обработки повседневных задач;

- аппаратная и программная платформа имеет все необходимые сертификаты ФСТЭК и ФСБ, что позволяет использовать данный комплекс в любых системах обработки информации.

Сочетание операционной системы Astra Linux Special Edition «Ленинград» и ПЭВМ «Эльбрус» является более предпочтительным вариантом, чем сочетание Astra Linux Special Edition «Смоленск» и ПЭВМ на процессоре Intel из-за того, что данное сочетание исключает применение известных атак на программно-аппаратные платформы с помощью существующих средств и методов. Релизы Astra Linux «Смоленск» и «Ленинград» обладают необходимыми программными средствами защиты информации, но при использовании аппаратной платформы Intel могут быть использованы известные уязвимости аппаратного обеспечения, что снижает возможности использования данных систем. Кроме того, процессоры Intel могут иметь возможности, которые отсутствуют в стандартных спецификациях продукции, что также снижает возможность применения данных систем в средствах обработки конфиденциальной информации. У ПЭВМ «Эльбрус» данные ограничения отсутствуют. Данная платформа является полностью отечественной разработкой и не имеет аппаратных закладок. В сочетании с защищённой операционной системой Astra Linux Special Edition «Ленинград» она обеспечивает достаточный уровень производительности и безопасности для использования в любых системах обработки информации.

Вывод

Анализируя всё вышесказанное у рабочих станций на базе процессора Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux SE «Ленинград» можно выделить ряд преимуществ: аппаратная поддержка защищенных вычислений; возможность исполнения двоичных кодов в системе команд архитектуры x86; поддержки мандатной модели разграничения доступа; механизм контроля целостности; механизм очистки оперативной и внешней памяти и гарантийное удаление файлов; поддержка режима «киоск». Всё это позволяет сделать вывод, что на основе описываемых средств можно создать надёжную, гибкую и защищённую инфраструктуру на основе оборудования и программного обеспечения российского производства.

К недостаткам сочетания ПЭВМ Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux SE «Ленинград» относятся: малое количество созданного программного обеспечения и сложности с переносом существующих программ, созданных на других платформах, малая производительность

процессора на одно ядро, что обуславливает медленную работу однопоточных программ и программ, созданных для других платформ и адаптированных для платформы «Эльбрус» путём перекомпиляции. Также проблемой является несовместимость существующей инфраструктуры, построенной на базе процессоров Intel и операционных системах семейства Windows с отечественной программно-аппаратной платформой. Это сильно ограничивает применение отечественных рабочих станций, а возможность исполнения команд архитектуры x86 позволяет устранить этот недостаток лишь частично

Рабочие станции на базе процессора Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux SE «Ленинград» имеют большой потенциал широкого применения в российских государственных и коммерческих организациях. Их производители продолжают активную работу над своими продуктами и по настоящее время в части увеличения скорости работы и наращивания дополнительного функционала, что может дополнительно стимулировать российские организации к внедрению описываемых в данной статье отечественных разработок в свою инфраструктуру.

Список литературы

1. Постановление П. Р. Ф. от 16.11. 2015 N 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» //Собрание законодательства РФ. – 2015. – №. 47.

2. ФСТЭК подписал указ об использовании отечественного ПО на объектах критической информационной инфраструктуры : [Электронный ресурс] – Режим доступа – <https://www.securitylab.ru/news/512136.php> , свободный.

3. Мустафин Т. Р. и др. Безопасная среда исполнения критических приложений во встраиваемых системах на базе вычислительных средств семейства «Эльбрус» //Радиопромышленность. – 2019. – Т. 29. – №. 1. – С. 16-22.