

BOINC: парадигма и модели

В.И. Тищенко

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена парадигма BOINC и эволюция моделей программного обеспечения добровольных распределенных вычислений. В исходной версии программы BOINC использована модель «свободного рынка», предусматривающая конкуренцию инициаторов проектов при формировании массива вычислительных мощностей цифровых устройств. Стагнация BOINC-проекта потребовала разработку альтернативной «модели согласования» (coordinated model) для отбора и распределения вычислительных мощностей цифровых устройств. Для преодоления продолжающегося сокращения количества активных проектов и численности волонтеров предлагается «коллоборативная модель» организации управления BOINC-проектами, основанная на методологии со-конкуренции (co-opetition).

Ключевые слова: распределенные вычисления, добровольные вычисления, BOINC, виртуальные сообщества, социология науки.

DOI: 10.14357/20790279240110 **EDN:** HPFJLT

Введение

Необходимость разделять вычислительные задачи и решать их одновременно (параллельно) возникла задолго до появления первых вычислительных машин. Так, задачу определения точной даты празднования Пасхи можно рассматривать в качестве «первого» распределенного вычисления. Профессионально занимающиеся пасхальными вычислениями люди назывались с 1646 года *computer*'ами (от латинского *computare* – «вычислять»). В середине XVIII века для расчета морских навигационных (астрономических) таблиц в Англии по всей стране нанимались в большом количестве квалифицированные вычислители, выполнявшие свою работу на дому, причем каждый из них производил полный набор расчетов на определенный период времени [1].

Одной из первых моделей использования «коллективных вычислителей» для решения масштабных вычислительных задач и построения суперкомпьютеров на принципах параллельного выполнения операций стало решение, предложенное в 60-е годы Э.В. Евреиновым совместно с Ю.Г. Косаревым [2].

На рубеже веков были запущены проекты добровольных распределенных вычислений (VC), предполагающие решение широкого круга

задач – от поиска новых космических объектов (Einstein@home) до проверки некоторых гипотез теории чисел (ABC@home) и криптографии (distributed.net), использующие в качестве инфраструктурной и вычислительной платформы программу BOINC [3].

Начиная с 2000-х годов, программное обеспечение BOINC применялось более, чем в 50 проектах в математике, молекулярной биологии, медицине, астрофизике, телекоммуникации и др. при интеграции миллионов компьютеров [4]. В 2023 г. в проекте BOINC было зарегистрировано более 4 млн участников, из них активных 48365 человек (на 20 июня 2023 г.). Таким образом, можно с уверенностью сказать, что опосредованно в научные исследования были вовлечены широкие слои пользователей интернета, а создание BOINC – стало важным концептуальным этапом в развитии мировой науки.

1. BOINC в ретроспективе

Как следует из анализа текстов одного из основных идеологов BOINC-платформы Дэвида Андерсона, в основе концепции формирования распределенной сети компьютеров, интеграции и использования их мощностей для решения трудоемких научных вычислительных задач лежит

мессианская установка по разработке инструмента демократизации организации и финансирования науки («Большой науки») [5]:

«... volunteer computing can democratize science funding, at least as far as computing is concerned. Decisions about the relative importance of different research areas and projects are made by the public, rather than by (possibly inbred or corrupt) government agencies.» [5, p.5].

Кроме того, предполагалось, что разработка такого инструмента как добровольные вычисления, исходя из общего числа персональных компьютеров и прочих цифровых устройств, может обеспечить с меньшими затратами существенно большую вычислительную мощность, чем традиционные решения (кластеры, грид-системы или облачные среды).

1.1. От проекта SETI@home к BOINC

Методология концептуального подхода к созданию BOINC-проекта основывалась на трех «столпах»: идее, высказанной в 1994 году Дэвидом Геди (David Gedye) и Крейгом Касноффом (Craig Kasnoff), об интегрировании ресурсов распределенных персональных компьютеров для анализа узкополосных радиосигналов, получаемых с помощью радиотелескопа из космоса в проекте SERENDIP; парадигмы сетевого общества; программном решении объединения множества компьютеров интернет-пользователей в виртуальную сеть, рассматриваемой в качестве единой системы, виртуального суперкомпьютера, состоящего из множества независимых компьютеров, подключенных к сети Интернет [6].

Первоначально концепция виртуальной интеграции вычислительных мощностей настольных компьютеров пользователей интернета, не имеющих никакого отношения к научной или профессиональной компьютерной деятельности и не получающих вознаграждения за свое участие, была реализована в форме проекта обработки данных, получаемых из космоса, и названного SETI@home, «поиск внеземного разума на дому».

Энтузиазм, вызванный запуском проекта в среде пользователей интернета, желающих предоставить мощности компьютеров для проведения вычислений в программе SETI@home, был столь велик, а получаемое в результате «присоединения» нескольких сот тысяч (!) компьютеров «компьютерное время» для анализа данных превышало в некоторые дни 1000 лет, что это невольно вызвало затруднения в управлении проектом. Изначально SETI@home представляла собой «единую» программу, которая объединяла, как «обеспечение»

инфраструктуры участия волонтеров в проекте, так и анализ данных. Поэтому каждое изменение научной составляющей проекта вынуждало волонтеров, подключившихся к участию в SETI@home, постоянно переустанавливать обновленную версию программы.

Возникающие в этой связи естественные трудности в управлении и использовании проекта вынудили его организаторов решить задачу разделения «научного» и «инфраструктурного» кодов программы. В итоге было разработано программное обеспечение, «универсальная» платформа с открытым исходным кодом, которое поддерживало непосредственно инфраструктуру проекта SETI@home и могло использоваться при запуске различных научных проектов, требующих большие вычислительные мощности [7].

В отличие от одноранговых (P2P) или кластерных распределенных вычислений, программа BOINC (The Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) опирается на архитектуру клиент-сервер. И для того чтобы подключиться к проекту, волонтер должен скачать и установить на свое цифровое устройство стандартный «BOINC-клиент». Программа позволяла подключать компьютер пользователя к любым BOINC-проектам и осуществляла обмен данными с сервером выбранного проекта (рис. 1).

Большинство проектов было посвящено решению задач, которые могли разбиваться на множество независимых подзадач. При этом использовалась модель управления распределенными вычислениями, называемая «портфель задач» (bag of tasks) [8]. Алгоритм вычисления для каждой подзадачи одинаков, меняется только набор распределяемых подзадач (jobs) и входящих данных (решений).

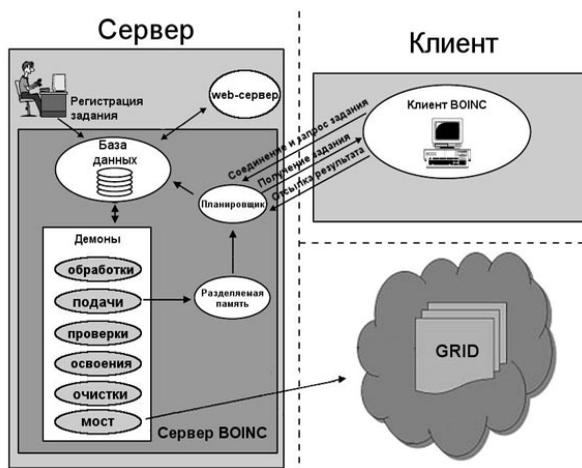


Рис. 1. Схема архитектуры системы BOINC [9]

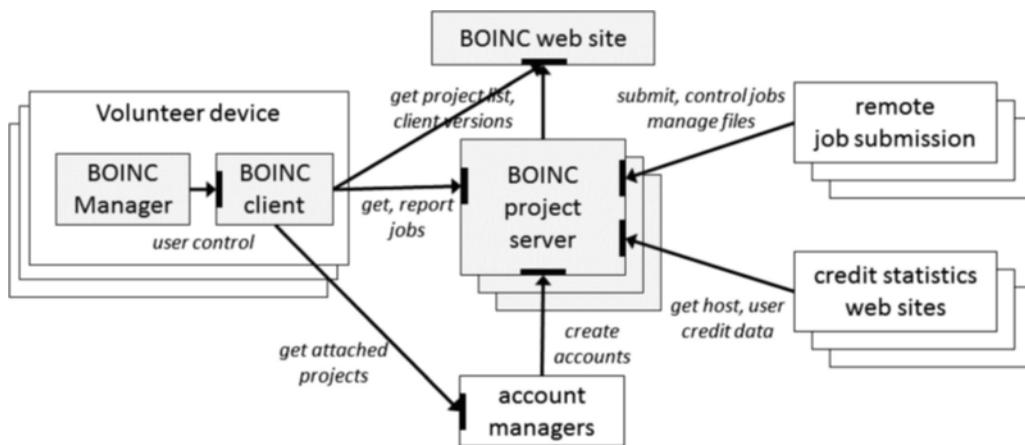


Рис. 2. Схематическое изображение компонентов и интерфейсов межпроцессорного взаимодействия в экосистеме BOINC [7]

Сервер BOINC`а постоянно генерирует какие-либо задания, которые отправляются в качестве подзадач к «подключенным» цифровым устройствам волонтеров (клиентам). Весь процесс вычислений подзадач происходит автоматически на стороне пользователя.

Разработка программного обеспечения проведения вычислений в результате интеграции множества добровольно предоставленных вычислительных мощностей распределенных компьютеров, связанных между собой только виртуально, знаменовало новый этап развития концепции добровольных вычислений (VC). По сути, была создана универсальная программная модель для проведения масштабных научных вычислений с использованием цифровых устройств – технология, обеспечивающая формирование виртуальной экосистемы, эквивалентной по вычислительной мощности суперкомпьютеру (рис. 2).

Универсальность разработанного программного обеспечения обеспечивала его использование для решения любой научной задачи, требующей проведения масштабных вычислений, а не только сформулированной в проекте SETI. И, действительно, практически немедленно, разработчикам программы BOINC поступили предложения по запуску таких проектов, как прогноз изменения климата (ClimatPrediction.net), обнаружение гравитационных волн (Einstein@home), моделирования трехмерной структуры белка (Predictor@home) и некоторых других.

1.2. Модель «свободного рынка»

Как следует из ряда статей, создавая исходную версию программы BOINC, ее разработчики руководствовались следующим представлением о природе современных научных исследований [10]. По их мнению, в контексте концепции до-

бровольных вычислений ученые, выбрав область исследования и, соответствующую, научную проблему, формулируют задачу, а затем «выстраивают» и управляют проектом BOINC, состоящим из веб-сайта проекта, клиентского ПО и диспетчера заданий. Для проведения вычислений инициаторы («менеджеры») проекта набирают волонтеров, рекламируя свой проект и создавая веб-сайт проекта с обоснованием и описанием исследований.

Что касается волонтеров, то они, узнав о том или ином научном проекте, использующем для решения научной задачи технологию добровольных вычислений (volunteer computing, VC), и решив принять участие в этом проекте посредством предоставления вычислительных мощностей своего компьютера, заходят на веб-сайт этого проекта и загружают клиентское программное обеспечение BOINC, которое тем самым «привязывает» цифровое устройство к нему. Одновременно с запуском BOINC-клиента волонтер знакомится со списком других аналогичных научных проектов. И, поскольку, BOINC-клиент позволяет волонтерам подключать устройства к нескольким проектам, контролируя распределение ресурсов между проектами, волонтер может «подключаться» и участвовать не в одном проекте¹.

Таким образом, по мнению Дэвида Андерсона, BOINC-платформа обеспечивает разделение (распределение) вычислительной мощности интегрированных цифровых устройств волонтеров между учеными, организаторами вычислительных научных проектов, на основе использования предпочтений волонтеров, их совокупных знаний и ценностей, по сути общественного мнения (а не

¹ Как показали проведенные опросы участников BOINC-сообщества, как правило, волонтеры участвуют более, чем в трех проектах [14,15].

административной политики неких институционализованных правительственных структур):

«... our goal was that VC would divide computing power among scientists based on the aggregated knowledge and values of the public (rather than administrative policies)» [11, p.1].

Тем самым, разработчики VOINC предполагали, что созданная ими технологическая платформа будет способствовать созданию такой экосистемы, в которой ученые будут конкурировать между собой за вычислительную мощность, продвигая себя и свои исследования, а волонтеры, периодически пересматривая набор доступных проектов, будут решать, исходя из представлений о значимости тех или иных областей науки, какой научный проект предпочесть и как распределить вычислительные ресурсы своих цифровых устройств.

Очевидно, что реализация проекта напрямую зависит от количества «подключенных» персональных компьютеров и времени предоставления совокупной вычислительной мощности для использования в проекте. И это означает, что организаторам (инициаторам) проектов наряду с рассмотрением и решением научной проблемы необходимо решать задачу не только привлечения, но и «удержания» участников проекта.

В основе такого подхода, по словам Дэвида Андерсона, лежала модель «свободного рынка», обеспечивающая конкуренцию проектов за вычислительные ресурсы, предоставляемых волонтерами [7,12].

Получается, что основные принципы организации и управления любым VOINC-проектом могут быть сведены к технической и организационной (а по сути социальной) задачам. Последняя, в свою очередь, требовала понимания мотивов не только привлечения и «участия» в проекте волонтеров, но и стимулов «удержания» их в проекте, обеспечения механизмов сохранения используемых вычислительных мощностей цифровых устройств волонтеров.

1.3. Модели и мотивы поведения волонтеров в VOINC-проектах

Исследование мотивов присоединения волонтеров к различным VOINC-проектам было начато в 2006 г. [13]. И в качестве важнейших стимулов «подключения» к VOINC-проектам участники добровольных вычислений обозначали характер и цели проектов (рис. 3) [14,15]. Немалое значение имеют также чувство общения с единомышленниками, людьми, близкими по интересам.

Исходя из модели «свободного рынка», которая имманентно довлела над сознанием разработ-



Рис. 3. Ранжированная оценка стимулов участия VC в VOINC проектах [14]

чиков, в качестве механизмов решения сформулированных выше задач (привлечение волонтеров и сохранения вычислительных мощностей в проекте) в проект VOINC были «вшиты», казалось бы, идеи «естественных», рыночные методы его поддержания, начиная с начальных этапов реализации проекта.

И, поскольку, каждый элемент феноменологии реализации VOINC-проекта невольно рассматривался как аналог бизнес-стартапа, то запуск каждого нового научного проекта подразумевал разрешение маркетинговой задачи, согласно которой инициаторы проектов «должны» рекламировать проекты (научные задачи), используя для этого СМИ или социальные сети.

В свою очередь, привлечение волонтеров с вычислительными мощностями их цифровых устройств – исходя из «рыночного» представления о проекте, рассматривалось как «вклад» ресурсных инвестиций в проекты, которые, необходимо было «оплачивать», как бы компенсируя «услуги» волонтеров, обладавших процессорным временем как ресурсом для решаемой задачи.

И если реклама проектов и решение маркетинговой задачи с очевидностью возлагалось на инициаторов научных проектов, то для «оплаты» привлеченного и использованного процессорного времени цифровых устройств волонтеров разработчиками VOINC`а был создан специальный механизм «вознаграждения» – начисление баллов («кредитов»). Количество начисляемых баллов зависело от предоставленных мощностей, времени участия в проекте и других характеристик деятельности волонтеров или их объединений (команд).

Что касается создателей VOINC`а, то, по их мнению, в соответствии с «рыночным» видением имплантации VOINC-системы в среде научного сообщества, они всего лишь должны были обеспечивать автономность созданной экосистемы: поддерживать и распространять программное обеспе-

чение, а также «проверять» запускаемые сервером BOINC-проекты.

Подобная позиция разработчиков программы BOINC подкреплялась доброжелательной атмосферой и энтузиазмом, которые царили в среде волонтеров, начиная с проекта SETI@home, и были верифицированы результатами опроса, проведенного в 2006 г. Дэвидом Андерсоном (https://boinc.berkeley.edu/poll_results.php).

Кроме того, волонтеры проекта разрабатывали разнообразные сервисные «опции», которые обеспечивали формирование инфраструктуры виртуального общения участников проектов между собой или с организаторами проектов.

«Ядро» программного обеспечения BOINC-проекта также продолжало совершенствоваться. Так, идея конкуренции проектов, лежащая в основе модели «свободного рынка», была реализована разработкой «программной опцией» начисления баллов прямо пропорционально предоставленной мощности процессоров волонтеров [4]. В итоге организаторам (инициаторам) исследовательских проектов на платформе BOINC была предоставлена возможность начислять командам и отдельным волонтерам, так называемые, «кредиты», количество которых зависело от активности участников. Статистика начисления этих показателей, регулярно публикуемая на сайте www.boincstats.com, порождала атмосферу состязаний. Тем самым, в BOINC-проект была «вброшена» идея и «механизм» соревнования («конкуренция») волонтеров.

1.4. Закат BOINC-проекта

Как было показано выше, разработчики BOINC`а приняли на себя роль «социальных инженеров», предусмотрев методологические и программные факторы формирования и функционирования виртуальной экосистемы, в которой ученые, заинтересованные в масштабных вычислительных задачах, набирая волонтеров, получают вычислительные мощности для проведения научных исследований. А, в свою очередь, волонтеры, участвуя в формировании научного коммуникационного и «вычислительного пространства», реализуют чувство сопричастности к значимой социальной активности и тем самым – свою социальную идентичность.

Между тем, как показал анализ динамики BOINC-проекта, если первоначально отмечался шквал проектов, использующих BOINC-платформу, а количество волонтеров росло практически по экспоненте, то в 2010-х гг. развитие BOINC-проекта стабилизировалось. Как следует из графика описания динамики количества активных проектов (рис. 4), пик приходился на 2013 год [16].

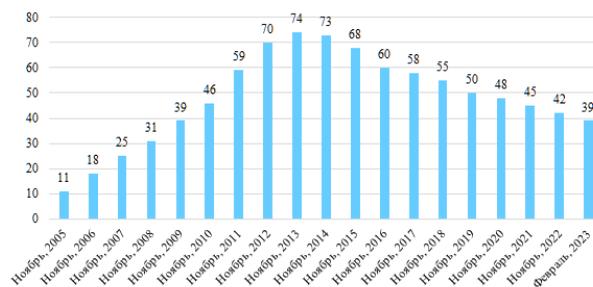


Рис. 4. График динамики числа активных проектов на платформе BOINC [16]

К 2023 году количество активных BOINC-проектов снизилось до уровня 2009 года.

Таким образом, оказалось, что простое «сочетание» (*объединение*) множества волонтеров, готовых участвовать в BOINC-проектах, с технологической платформой, обеспечивающей это участие и интеграцию вычислительных мощностей распределенных компьютеров, не достаточно для стабильного развития задуманной виртуальной экосистемы проведения VC, эквивалентной по вычислительной мощности суперкомпьютеру.

И как переломить ситуацию, организаторы BOINC-проекта не представляли. У них не было однозначного ответа на вопрос – как значимый для научного сообщества проект, требующий масштабных вычислений, может «сформировать» среду, которая будет стимулировать вклад ресурсов многими волонтерами? Как повлиять на решения волонтеров об участии в том или ином проекте, обеспечивающем необходимые решения и, соответственно, развитие научных областей?

Пытаясь преодолеть наметившуюся тенденцию спада активности BOINC-проекта, Дэвид Андерсон уже в 2007 году задумывается о дальнейшем совершенствовании программного обеспечения, начиная осознавать, что исходная модель «свободного рынка» не релевантна задачам проектам:

«... I tried to reverse the decline – first by making the software more powerful and general, then by building bridges with the HPC mainstream. Eventually I realized that the free-market model was a fundamental problem [4, p. 45]»

2. Модель «Объединенная наука» (United Science)

В 2014 году, не без влияния Мислава Маленицы (Mislav Malenica), в настоящее время президента Национальной ассоциации искусственного интеллекта Хорватии (CroAI), Дэвид Андерсон приходит к мысли, что стагнация BOINC-проекта

обусловлена рисками запуска новых проектов в отсутствие гарантии возврата «инвестиций», вложенных инициаторами проектов для получения необходимого уровня вычислительной мощности:

«From a scientist's perspective, the BOINC «free market» model does't make any sense: creating a new BOINC project requires a large investment, with no guarantee of any return. That's why there are no new BOINC projects - Doh!» [4, p. 46].

А поскольку в исходной версии BOINC отсутствует механизм, который мог бы повлиять на предпочтения волонтеров при выборе проектов и, соответственно, управлять совокупной вычислительной мощностью интегрированных цифровых устройств, проблему развития BOINC-проекта предполагается разрешить посредством создания новой модели.

В качестве альтернативы исходной версии BOINC разрабатывается новая технологическая платформа – «модель согласования» (coordinated model), обеспечивающая управление («планирование») в системе т.н. «Объединенной науки» и распределение вычислительных ресурсов среди ученых и «проверенных» проектов BOINC (рис. 5).

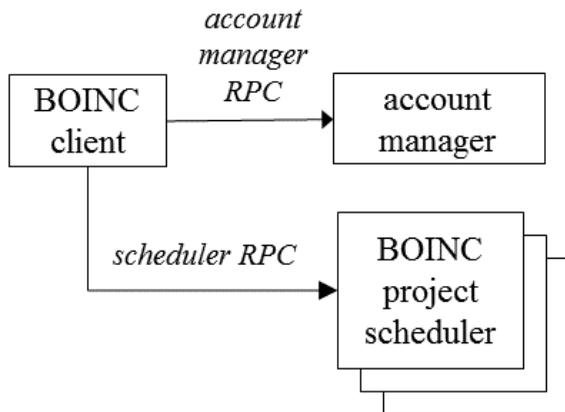


Рис. 5. Схема архитектуры менеджера учетных записей BOINC [11]

В новой версии BOINC (<https://scienceunited.org>) меняется интерфейс взаимодействия с волонтерами и «вводится» механизм отбора и распределения вычислительных мощностей цифровых устройств волонтеров («глобальный планировщик»), исключающий какое-либо участие волонтеров в выборе проектов. Более того, волонтерам не доступна вообще какая-либо информация о проектах, работающих на платформе BOINC; волонтеры лишаются какой-либо субъектности.

При регистрации на новом, едином для всех проектов, веб-сайте (scienceunited.org) волонтер становится участником добровольных распределенных вычислений, выбирая область науки, которой он отдает свои предпочтения. Упоминание о проектах отсутствует, и будущий участник распределенных вычислений не знает в каком из возможных BOINC-проектов будут использованы вычислительные мощности его цифровых устройств (plug and play).

Андерсон, казалось бы не замечает, что предлагаемое программное решение противоречит не только заявленным целям, сформулированным при создании SETI@home и разработки программного обеспечения BOINC, но и пониманию того, что BOINC-проект не бизнес-стартап, к которому могли быть применены рыночные принципы организации научных исследований.

Более того, как это не парадоксально звучит, он не понимает, что BOINC-проект – это не технологическая платформа, обеспечивающая возможность пользователю интернета «передать» вычислительные мощности своего цифрового устройства для использования при решении масштабных научных вычислений на добровольных условиях. Это нечто большее!

Действительно, возникнув на первых этапах развития феномена VC, как программное решение по объединению множества компьютеров интернет-пользователей в виртуальную сеть, в настоящее время BOINC-проект – это своеобразное виртуальное научное сообщество, существующее и работающее для достижения общей цели – обеспечение научных исследований.

В качестве примера можно привести российский проект SAT@home (<https://sat.isa.ru/sat2/>), активно поддерживаемый национальными волонтерами. Ядро волонтеров, определяющее модели поведения в проекте, время от времени организует различные виртуальные соревнования («челленджи») между несколькими командами из разных стран. В качестве предмета соревнования используются фиксируемые вычислительные мощности цифровых устройств, используемые в вычислениях. И, соответственно, начисляемые за активность участия в вычислениях баллы (кредиты). Скачивая эти показатели активности команд каждые 15 минут, в отличие от обычного (примерно раз в сутки), инициаторы соревнований позволяют участникам команд следить за ходом состязания практически в реальном времени. Желание занять более престижное место в рейтинге, заставляет команды концентрироваться на привлечении на время состязания всех возможных вычислительных ресурсов. И на

определенное время резко возрастает мощность вычислений. В отдельные периоды производительность проекта увеличивалась практически вдвое, примерно до 7,4 терафлопс при среднем значении в 4,3 [17].

Все это позволяет утверждать, что добровольные вычисления (VC) – сообщество единомышленников, рассредоточенная сеть команд и отдельных лиц, сайтов проектов и групп, онлайн-форумов и онлайн-групп пользователей. Поэтому особенностью современных BOINC-проектов является не только технологическая (программная) интеграция вычислительных мощностей цифровых устройств, но и компьютерно-опосредованная интеграция волонтеров в виде виртуальных групп и форумов на специализированных сайтах или в социальных сетях.

Рассматривая феномен BOINC, как единое целое, можно говорить об организационной структуре виртуальной интеграции BOINC-проекта как совокупности научных проектов и участников добровольных вычислений, которая состоит из проектов, физических лиц (волонтеров, не объединенных в команды), команд VC и разнообразных интернет-ресурсов. Другими словами, BOINC-проект – это своеобразный «фрагмент» единого сетевого пространства. В результате практических действий David P. Anderson и его коллег по разработке и совершенствованию программного обеспечения «появилось» виртуальное сообщество волонтеров, ведущее иной, чем ему уготовил его «создатель», «образ» жизни.

И реальность вступает в «противостояние» с предложенной моделью «Объединенной науки» (United Science), которая отторгает множество волонтеров, «переформатируя» их из сообщества единомышленников, заинтересованных в личностной идентификации и интегрированных в виртуальную сеть, в совокупность обезличенных «цифровых объектов», отождествленных с некими цифровыми устройствами.

И главное! Несмотря на имплементацию с 2017 г. «усовершенствованной» версии программного обеспечения BOINC, в основе которой лежит управляемое перераспределение вычислительных мощностей цифровых устройств (т.н. «глобальный планировщик»), ситуация в BOINC-проекте в целом не изменилась. И стагнация BOINC-проекта не только не остановлена, но, по сути, нарастает (рис. 4).

Проблема стагнации BOINC-проекта, как я считаю, и не может быть остановлена технократическими решениями (преобразованием программных решений). Поскольку речь идет об управле-

нии и функционировании социальных систем, в основе которых находится понимание природы отношений участников социальной группы, объединенной единой общей целью («метацелью») – развитие одной из сфер научных исследований. Но это означает, что переформатирование BOINC, как парадигмы интеграции распределенных компьютеров, должно происходить, исходя из коммуникационных отношений участников распределенных вычислений.

3. Виртуальная коллаборация участников VC-сообщества

Рассматривая BOINC-сообщество волонтеров как единое виртуальное сообщество единомышленников, в процессе формального анализа сообщества BOINC.RU, мы показали, что действия и выбор проектов является достаточно согласованным результатом виртуального взаимодействия участников сообщества, или коллаборации [18]. Подавляющее большинство волонтеров оценивают online-общение с остальными участниками проекта/сообщества как позитивный элемент сетевой активности, мотивирующий участие в распределенных вычислениях. Причем в рейтинге целей виртуального общения сплочение команды и координация командных действий – значит существенно больше прочих факторов [15].

Перед нами предстает сообщество, которое в качестве инструмента достижения двуединой цели (получения, с одной стороны, максимального количества очков, начисляемых за активность участия в вычислении, а с другой – реализации научного проекта) организует (обеспечивает) «соединение» и одновременность процедур конкуренции с кооперацией по вовлечению ресурсов цифровых устройств (времени работы и мощности компьютеров и т. п.) для эффективного (скоростного) распределенного вычисления.

Такая «поведенческая» стратегия, которая интегрирует, как конкурентные стратегии, так и стратегии, направленные на сотрудничество, носит название *конкурентного сотрудничества*, или *со-конкуренции* (co-opetition), и наблюдалась в бизнесе при организации взаимодействия корпораций при получении новых технологий или доступа к рынку [19].

Исследование российского BOINC-сообщества с использованием формализованных методов анализа коммуникаций волонтеров подтвердило использование подобной инновационной стратегии для организации онлайн-отношений участников BOINC-проектов [15].

Для визуализации коллаборативных отношений, которые лежат в основе стратегии конкуренции, были рассмотрены связи между активными участниками виртуальных сообществ. В качестве связи мы называем одновременное участие двух волонтеров в каком-либо проекте.

Анализ участия волонтеров в российских проектах, запущенных относительно недавно, выявил для 1800 волонтеров 2300 участий. Исключая такие «старые» проекты, как Gerasim@home (557 участий) и SAT@home (1528 участий), мы получили 230 связей для 150 волонтеров и, соответственно, граф связности участников в российских проектах VC. При этом все множество волонтеров «разбилось» на два крупных кластера – (1) и (2+3+4). Последний, в свою очередь, подразделяется на (2+3) и (3+4), где кластер 3 представляет собой пересечение кластеров 1 и (2+3+4) (рис. 6).

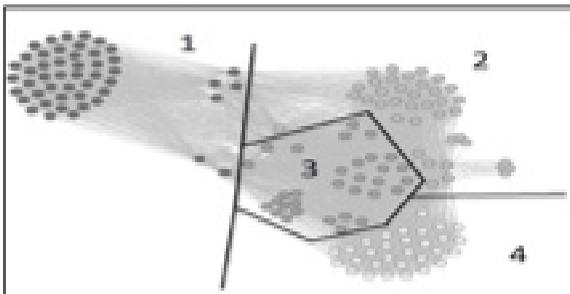


Рис. 6. Граф связности волонтеров российского сообщества BOINC; коллаборативное сообщество – кластер 3

Анализ статистики участия волонтеров в российских проектах показал, что в зависимости от «попадания» в тот или иной кластер, можно с уверенностью предположить, что волонтеры кластера 3 образуют коллаборативное сообщество. Их предпочтения и действия являются достаточно согласо-

ванными в процессе взаимодействия на сторонних сетевых ресурсах.

Проведенные нами исследования позволили сделать вывод, что BOINC-проекты становятся успешными в том случае, когда волонтеры оказываются «соучастниками» (партнерами) организаторов проекта, осознавая себя членами совокупного коллаборативного веб-сообщества добровольных вычислений, придавая значение общению с организаторами/инициаторами проектов.

В качестве примера влияния совместной работы и сотрудничества волонтеров VC с организаторами BOINC-проектов на эффективность проекта можно привести эксперимент по созданию «зонтичного проекта» распределенных вычислений [20].

Запуск «зонтичного» проекта позволяет увеличить количество «подключенных» цифровых устройств в разы по сравнению с традиционными BOINC-проектами даже на начальном этапе, когда количество волонтеров в проекте обычно невелико (рис. 7)

Мы полагаем, что именно коллаборативные отношений как в среде действующих BOINC-проектов, так и в пространстве взаимодействия с организаторами и инициаторами проектов, оказывается значимым фактором развития успешности проектов вычислений; способствовать преодолению существующей стагнации BOINC-феномена, возрождению интереса к сотрудничеству в виртуальном пространстве.

Заключение

Анализ эволюции моделей BOINC-платформы показал, что исходная и существующая версии модели организации BOINC-проектов не смогли обеспечить требуемой «мощности», что проявилось в стагнации новых предложений и снижении активности волонтеров.

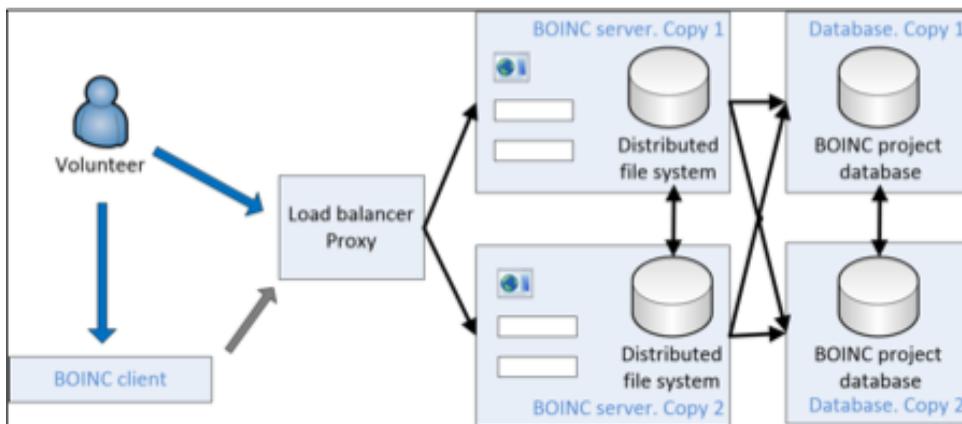


Рис. 7. Схема организации «зонтичного» проекта [36, р.40]

В отличие от представлений создателей платформы BOINC, анализ сообщества BOINC.RU формализованными методами показал, что, по крайней мере, в российских проектах участие волонтеров является достаточно согласованным. Нам удалось выделить группу волонтеров, которая согласованно и активно участвует в нескольких проектах. Анализ характеристик участия в проектах позволяет со значительной долей уверенности отметить, что активные и заинтересованные участники следят за «пространством» BOINC, анализируют информацию и договариваются о предпочтениях при участии в новых проектах. Очевидно, что они взаимодействуют друг с другом на соответствующих сетевых ресурсах. Все это дает основание рассмотреть сообщество BOINC.RU как структурированное коллаборативное сообщество. Коллективная деятельность его участников определяет не только их поведение, но является значимым фактором увеличения предоставления вычислительной мощности при реализации BOINC-проектов.

Таким образом, можно утверждать, что участие в любом BOINC-проекте не ограничивается скачиванием на цифровое устройство программы «BOINC-клиент», обеспечивающей выделение компьютерных вычислительных ресурсов и обмен данными с сервером проекта и подключением, вхождением в сеть компьютеров. Эта процедура, по сути дела, «запускает» эффективные механизмы совместной работы и сотрудничества волонтеров VC, которые, как бы «надстраиваются» над создаваемыми виртуальными грид-системами.

Обнаружение и стимулирование этих коллаборативных отношений, формируемых в сообществе волонтеров, может оказаться важным фактором успешности проектов вычислений. И разработка новой, третьей версии платформы BOINC, в основе которой лежит *коллаборативная модель взаимодействия* волонтеров, может принципиально изменить весь BOINC-проект, придав ему действительно социальную функцию, о которой мечтал David Anderson на заре разработок платформы BOINC. Ключом к созданию этого варианта BOINC-платформы может стать разработка программного «механизма» привлечения наиболее активных участников проектов в качестве возможных экспертов не только при оценке и отборе проектов, но и в качестве реальных *акторов развития* этих проектов. Другими словами, волонтеры должны стать участниками реализации проектов наравне с их авторами (инициаторами).

Литература

1. Шилов В.В. История информатики и автоматизации. М.: Энас. 2011.
2. Евреинов Э.В., Косарев Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности // Новосибирск: Наука. 1966.
3. Заикин О.С., Посыпкин М.А., Семёнов А.А., Храпов Н.П. Опыт организации добровольных вычислений на примере проектов OPTIMA@home и SAT@home // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Вып. 5(2). С. 340-347.
4. Publications by BOINC Projects. 2020 // [Электронный ресурс]: <https://boinc.berkeley.edu/pubs.php> (Доступно 07.01.2024).
5. Anderson David P. BOINC in Retrospect // [Электронный ресурс]: https://continuum-hypothesis.com/boinc_history.php (Доступно 07.01.2024).
6. David P. Anderson, Jeff Cobb, Eric Korpela, Matt Lebofsky, Dan Werthimer. SETI@home: An Experiment in Public-Resource Computing // Communications of the ACM. Vol. 45 No. 11. November. 2002. P. 56-61. [Электронный ресурс]: https://setiathome.berkeley.edu/sah_papers/cacm.php (Доступно 07.01.2024).
7. Anderson David P. BOINC: A Platform for Volunteer Computing // Anderson, D. P. BOINC: A Platform for Volunteer Computing. J Grid Computing 18. 2020. 99–122. [Электронный ресурс]: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10723-019-09497-9> (Доступно 07.01.2024).
8. Сухорослов О.В., Назаренко А.М. Сравнительная оценка методов планирования приложений в распределенных вычислительных средах // Программные системы: теория и приложения. 2017. №1(32). С. 63–81.
9. Паньковский Б.И. Методика разработки приложений параллельных вычислений на основе сети boinc [Электронный ресурс]: <https://www.hse.ru/edu/vkr/149952385?ysclid=lr3agez1ug343119373> (Доступно 07.01.2024).
10. Publication by Date. [Электронный ресурс]: <https://continuum-hypothesis.com/pubs.php> (Доступно 07.01.2024).
11. Coordinated Volunteer Computing. David P. Anderson // [Электронный ресурс]: https://scienceunited.org/doc/su_overview.pdf (Доступно 07.01.2024).
12. Anderson David P. Coordinated Volunteer Computing // 1 June 2018 // [Электронный ресурс] <https://scienceunited.org/doc/model.pdf> (Доступно 07.01.2024).
13. Survey results [Электронный ресурс]: https://boinc.berkeley.edu/poll_results.php. (Доступно 07.01.2024).

14. Якимец В.Н., Курочкин И.И. Индексная оценка проектов добровольных распределенных вычислений // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. 2018. №2. С. 84-96.
15. Tishchenko V.I. The Behavioral Patterns of Volunteer Computing Communities // In: E. Ivashko, A. Rummyantsev (eds.): Proceedings of the Third International Conference BOINC: FAST 2017, Petrozavodsk, Russia. August 28 - September 01. 2017. P. 56-60.
16. Ivashko V., Ivashko E. BOINC-based volunteer computing projects: dynamics and statistics // Supercomputing. 8th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2022, Moscow, Russia, September 26–27, 2022, Lecture Notes in Computer Science. 2022. Vol. 13708. 3. 619-631.
17. Андреев А.Л. Добровольные распределенные вычисления в России глазами краучера. Современное состояние и перспективы развития // Национальный суперкомпьютерный форум (НСКФ-2013) Россия, Переславль-Залесский. ИПС им. А. К. Айламазяна РАН. 26-29 ноября 2013.
18. Тищенко В.И. Анализ виртуальной коллаборации в сообществе BOINC.RU // Труды шестнадцатой конференции по Искусственному интеллекту с международным участием. КИИ-2018. Т. 1. С. 70-78.
19. Brandenburger Adam M., Nalebuff Barry J. Co-opetition. New York: Doubleday. 1996.
20. Kurochkin Ilya I. The umbrella project of volunteer distributed computing Optima@home // In: E. Ivashko, A. Rummyantsev (eds.): Proceedings of the Third International Conference BOINC: FAST 2017, Petrozavodsk, Russia, August 28 - September 01. 2017. P. 35-42 [Электронный ресурс]: <https://ceur-ws.org/Vol-1973/paper04.pdf> (Доступно 07.01.2024).

Тищенко Виктор Иванович. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия. Заведующий отделом. Кандидат философских наук. Область научных интересов: системный анализ, информатика сообществ, виртуальные сообщества. E-mail: vtichenko@mail.ru

BOINC: paradigm and models

V. I. Tishchenko

Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The paper considers the BOINC paradigm and the evolution of software models for voluntary distributed computing. It is shown that the original version of the BOINC program was based on the “free market” model. The stagnation of the BOINC project, noted since 2014, required the development of an alternative “coordinated model” using a software mechanism (“global scheduler”) for selecting and distributing the computing power of volunteers’ digital devices. To overcome the ongoing decline in the number of active projects and active volunteers, a “collaborative model” for organizing the management of BOINC projects based on the methodology of co-opetition is proposed.

Keywords: *distributed computing, voluntary computing, BOINC, virtual communities, sociology of science*

DOI: 10.14357/20790279240110 **EDN:** HPFJLT

References

1. *Shilov V.V.* History of informatics and automation. – M.: Enans, 2011 (in Russian).
2. *Evreinov E.V., Kosarev Yu.G.* Homogeneous universal computing systems of high performance. // Novosibirsk: Science, 1966 (in Russian).
3. *Zaikin O.S., Posypkin M.A., Semyonov A.A., Khrapov N.P.* Experience in organizing voluntary computing on the example of the OPTIMA@home and SAT@home projects: In Bulletin of the Nizhny Novgorod University. N. I. Lobachevsky Iss. 5(2) pp. 340-347 (in Russian).
4. Publications by BOINC Projects. Available from: <https://boinc.berkeley.edu/pubs.php> (Accessed 07.01.2024).
5. *Anderson David P.* BOINC in Retrospect. Available from: https://continuum-hypothesis.com/boinc_history.php (Accessed 07.01.2024).
6. *David P. Anderson, Jeff Cobb, Eric Korpela, Matt Lebofsky, Dan Werthimer.* SETI@home: An Experiment in Public-Resource Computing // Communications of the ACM, Vol. 45 No. 11, November 2002, pp. 56-61.
7. *Anderson David P.* BOINC: A Platform for Volunteer Computing // Anderson, D. P. BOINC: A Platform for Volunteer Computing. J Grid Computing 18, 99–122 (2020).
8. *Sukhoroslov O.V., Nazarenko A.M.* Comparative evaluation of application planning methods in distributed computing environments. In Program Systems: Theory and Applications No1(32), 2017, p. 63–81 (in Russian).
9. *Pankovsky B.I.* Methodology for developing parallel computing applications based on the boinc network. (in Russian).
10. Publication by Date. Available from: <https://continuum-hypothesis.com/pubs.php> (Accessed 07.01.2024).
11. Coordinated Volunteer Computing. David P. Anderson. Available from: https://scienceunited.org/doc/su_overview.pdf (Accessed 07.01.2024).
12. *Anderson David P.* Coordinated Volunteer Computing. Available from: <https://scienceunited.org/doc/model.pdf> (Accessed 07.01.2024).
13. Survey results. Available from: https://boinc.berkeley.edu/poll_results.php (Accessed 07.01.2024).
14. *Yakimets V.N., Kurochkin I.I.* Index evaluation of voluntary distributed computing projects. In Information society: education, science, culture and technologies of the future. 2018. No2. Page 84-96 (in Russian).
15. *Tishchenko V.I.* The Behavioral Patterns of Volunteer Computing Communities // In: E. Ivashko, A. Rumyantsev (eds.) In Proceedings of the Third International Conference BOINC: FAST 2017, Petrozavodsk, Russia, August 28 - September 01, 2017.
16. *Ivashko V., Ivashko E.* BOINC-based volunteer computing projects: dynamics and statistics. In Supercomputing. 8th Russian Supercomputing Days, RuSCDays 2022, Moscow, Russia, September 26–27, 2022, Lecture Notes in Computer Science. 2022. Vol. 13708. pp. 619-631.
17. *Andreev A.L.* Voluntary distributed computing in Russia through the eyes of a cruncher. Current state and development prospects. In National Supercomputer Forum (NSCF-2013) Russia, Pereslavl-Zalessky, A.K. Ailamazyan RAS, November 26-29, 2013 (in Russian).
18. *Tishchenko V.I.* Analysis of virtual collaboration in the BOINC.RU community // Proceedings of the sixteenth conference on Artificial Intelligence with international participation. KII-2018. T. 1. pp. 70-78 (in Russian).
19. *Brandenburger Adam M., Nalebuff Barry J.* Co-opetition. New York: Doubleday, 1996.
20. *Kurochkin Ilya I.* The umbrella project of volunteer distributed computing Optima@home. In: E. Ivashko, A. Rumyantsev (eds.): Proceedings of the Third International Conference BOINC: FAST 2017, Petrozavodsk, Russia, August 28 - September 01, 2017. P. 35-42

Tishchenko Viktor I. Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. Head of Department, FRC CSC RAS, Ph.D. Research interests: systems analysis, community informatics, virtual communities. E-mail: vtichenko@mail.ru