

Ежемесячный научно-технический,
информационно-аналитический
и учебно-методический журнал

TK
5105.A1
.T2673
2019
v.6



6 2019

Телекоммуникации

Ежемесячный научно-технический,
информационно-аналитический
и учебно-методический журнал

Издается с июля 2000 г.

6 2019

Рекомендован ВАК для публикации результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

д-р техн. наук, проф. Титов В.С.,
e-mail: tas_06@mail.ru

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

д-р техн. наук, проф. Сизов А.С.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Авдеев В.Б. — д-р техн. наук, проф.
Аджемов А.С. — д-р техн. наук, проф.
Алгулиев Р.М. — д-р техн. наук, академик НАНА
Архипов Н.С. — д-р техн. наук, проф.
Бондур В.Г. — д-р техн. наук, академик РАН
Джиган В.И. — д-р техн. наук, доц.
Емельянов С.Г. — д-р техн. наук, проф.
Зотов И.В. — д-р техн. наук, проф.
Каляев И.А. — д-р техн. наук, чл.-корр. РАН
Каперко А.Ф. — д-р техн. наук, проф.
Ключиков И.И. — д-р техн. наук, проф.
Конищенко А.В. — д-р техн. наук, проф.
Ларкин Е.В. — д-р техн. наук, проф.
Леньшин А.В. — д-р техн. наук, проф.
Муха А.П. — д-р техн. наук, проф.
Назаров А.Н. — д-р техн. наук, проф.
Новиков Д.А. — д-р техн. наук, чл.-корр. РАН
Обуховец В.А. — д-р техн. наук, проф.
Пустовойт В.И. — д-р физ.-мат. наук, академик РАН
Синицын И.Н. — д-р техн. наук, проф.
Сырякин В.И. — д-р техн. наук, проф.
Шишкин Н.В. — д-р техн. наук, доц.
Хафизов Р.Г. — д-р техн. наук, проф.
Цыцулин А.К. — д-р техн. наук, проф.
Юсупов Р.М. — д-р техн. наук, чл.-корр. РАН

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

канд. техн. наук, проф. Шибакина Т.А.,
e-mail: tas_06@mail.ru

*При использовании материалов журнала
в любой форме ссылка на журнал обязательна.*

*За достоверность информации и рекламы от-
ветственность несут авторы и рекламодатели.*

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

105215, Москва,
9-я Парковая ул., д. 60.
Тел./факс: (495) 988-98-65,
тел.: (495) 988-98-67.
<http://www.nait.ru>
e-mail: admin@nait.ru

© ООО «Наука и технологии», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Абдо Мохаммед Ажмаль Джамиль, Зотов И.В.
Исследование пропускной способности параллельно-
конвейерно-параллельного коммутационного устройства 2

СИСТЕМЫ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Данилин С.Н., Щаников С.А., Зуев А.Д., Ивентьев А.А.
Имитационное моделирование искусственной
нейронной сети распознавания сигнала. 10

СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Михеев О.В. К решению одной задачи выбора
оптимального момента включения резервного
космического аппарата связи. 15

ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Беспалова Н.А., Ибрагимов Р.З. Оценка возможности
проектирования DWDM-систем с применением
широкополосных оптических усилителей. 20

Карлин В.Э. Моделирование эффекта
четырёхволнового смешения в оптических волокнах. 23

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Сычев М.П., Скрыль С.В., Никулин С.С.,
Щербаков А.В., Спивак В.И. Функциональная модель
процесса поиска мест разведдостоупности сигналов
побочных электромагнитных излучений и наводок,
модулированных информативными сигналами. 28

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ

Смагин А.С., Булаев А.А. Решение
телекоммуникационных задач с помощью
трехмерных геоинформационных систем
(3D-ГИС). Ч. 1. Организация отображения
телекоммуникационных объектов в 3D-ГИС. 33

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, СЕТИ И УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Алекперов О.Р. Проблемы, возникающие в мобильных
вычислительных облаках, и пути их решения. 38

УДК 001:004.7

Проблемы, возникающие в мобильных вычислительных облаках, и пути их решения

О.Р. АЛЕКПЕРОВ

Институт информационных технологий НАНА, AZ 1141, г. Баку, Азербайджан

E-mail: oqtayalakbarov@yahoo.com

Статья поступила в редакцию 26.02.2019

Принята после доработки 26.02.2019

Принята к публикации 12.03.2019

В статье проанализированы проблемы, возникающие в использовании мобильных вычислительных облаков (МВО), созданных на основе облачных технологий, и пути их решения. В то же время исследованы проблемы, возникающие в различных частях мобильных вычислительных облаков. Определены критерии, влияющие на эффективное использование услуг в мобильных вычислительных облаках, создаваемых на основе cloudlet в беспроводной сети городского масштаба. Разработана стратегия для решения вышеупомянутых проблем.

Ключевые слова: мобильное оборудование, мобильные вычислительные облака, cloudlet, вычислительные ресурсы, ресурсы памяти, облачные услуги, канал связи, сетевая инфраструктура.

Problems occurring in the use of mobile computer clouds created on the basis of cloud technologies and solution ways of the problems are discussed. In addition, problems which occur in different segments of the mobile computer clouds were studied. Criteria influencing on the effective use of services in the mobile computer clouds based on the cloudlet in wireless urban network were determined. A strategy for the solution of the problems was developed.

Keywords: mobile equipment, mobile computer cloud, cloudlet, computing resource, memory resource, cloud services, link, network infrastructure.

Введение

В последние годы крупномасштабное производство мобильных устройств значительно ускорило развитие технологий МВО. Подключение мобильных устройств к облачным серверам устраняет ограничения в их технических характеристиках (срок действия батареи, недостаток вычислительных ресурсов и ресурсов памяти и т.д.). Программные приложения, требующие больших вычислительных ресурсов и ресурсов памяти, легко внедряются на облачных серверах, а результаты отправляются на мобильные устройства. В то же время ввиду того, что облачные серверы обла-

дают большими техническими возможностями, решение проблем осуществляется быстро. Это позволяет батареям мобильных устройств работать более длительное время. Хотя облачные серверы имеют высокую вычислительную производительность в централизованных вычислительных облаках, используемых пользователями, они не способны доставлять обработанные данные пользователям на высоких скоростях из-за задержек в сети. Стремительное увеличение числа мобильных пользователей в вычислительном облаке приводит к загрузке каналов соединения, что создает большие задержки при доставке обработанных данных пользователю.

По сравнению с традиционной проводной сетью мобильные вычислительные сети сталкиваются со многими проблемами: потеря сигнала в канале беспроводного соединения, низкая скорость полосы пропускания, задержки при подключении к сети, ограниченная доступность ресурсов, обеспечение безопасности и конфиденциальности и т.д. Кроме того, рельеф, атмосфера и местоположение базовых станций влияют на оказание высококачественных услуг мобильных вычислительных облаков (QoS). Одна из основных проблем мобильных вычислительных облаков связана с особенностями мобильного приложения и беспроводной сети [1–2]. Эти проблемы затрудняют создание прикладных программ и использование их на мобильных устройствах. Важным вопросом является исследование и решение проблем, возникающих при устранении ограничений в технических возможностях мобильных устройств в среде мобильных вычислительных облаков, улучшении качества беспроводной связи, правильной установке прикладных программ в cloudlet, а также в безопасности сети.

Обзор работ, связанных с исследованием

Большинство исследований, проведенных в направлении мобильных облачных технологий, посвящено вопросам организации эффективной обработки запросов пользователей на удаленных облачных серверах [3–4]. В некоторых исследовательских работах проанализированы проблемы с задержками в работе каналов связи в результате загрузки Интернета в централизованных вычислительных облачных системах и предложено создание сетей cloudlet для устранения задержек. В этом случае cloudlet обрабатывает запросы быстрее, а также позволяет мобильным устройствам использовать меньше энергии [5–6]. В некоторых исследованиях изучены условия, требующие создания cloudlet в мобильных вычислительных облаках иерархической структуры, и рассмотрен вопрос прогнозирования расположения cloudlet вблизи базовых станций [7]. В статье [8] предлагается использовать cloudlet, мобильные приложения которого расположены вблизи мобильных устройств, с целью устранения ограничений доступа к удаленным облакам через мобильную связь. В статье [9] рассматриваются возможности доступа мобильного пользователя к cloudlet,

продолжительность взаимодействия между пользователем и cloudlet, время, необходимое для решения проблем.

В некоторых исследованиях рассматриваются вопросы снижения потребления энергии и задержек в каналах связи путем правильного размещения основных и вспомогательных частей программных приложений, используемых пользователями, соответственно в мобильных устройствах и облачных серверах [10]. В статье [11] отмечается, что длительные задержки в обмене данными связаны с тем, что облачные серверы физически далеки от пользователей. Близкое расположение облачных серверов значительно уменьшает задержки при обмене данными между пользователями [12]. Некоторые исследователи предложили сократить количество каналов связи между пользователем и cloudlet для реализации программных средств в cloudlet с высоким качеством, минимальной задержкой и перерывами [13].

В статье [14] рассматривается проблема выбора виртуальных машин, которые могут обеспечить более быстрое решение проблемы в зависимости от требований пользователя, с использованием технических возможностей виртуальных машин, созданных в cloudlet. В статье [15] исследуется вопрос оптимального сбалансированного распределения мобильных прикладных программ между облачными серверами мобильной сети. Определено, что способность передачи каналов связи между cloudlet оказывает существенное влияние на вопрос быстрого внедрения мобильных приложений [16]. Некоторые исследования [1, 17] фокусируются на создании сетевой инфраструктуры cloudlet, расположенной рядом с точками доступа (Access Point) большого количества пользователей беспроводных широкополосных сетей. Поэтому рекомендуется размещать cloudlet вблизи объектов (торговые центры, библиотеки, школы, университеты, стадионы, вокзалы, аэропорты и т.д.), где сконцентрировано наибольшее количество мобильных пользователей.

Анализ проблем в мобильных вычислительных облаках

Для создания специальной среды для облачных вычислений в мобильных приложениях важно рассмотреть различные фазы мобильной инфраструктуры, которые вызывают нагрузку

на сеть и задержки передачи. Независимо от местоположения и типа используемого мобильного устройства эффективность использования сервисного программного обеспечения должна быть увеличена для устранения проблемы доступности.

Основная цель мобильной вычислительной среды — предоставить мобильным пользователям программные приложения и услуги через поставщиков облачных услуг. Для обеспечения доступа пользователей к программным приложениям, установленным на облачных серверах в различных частях мобильных вычислительных облаков, важно анализировать возникающие проблемы в: мобильных устройствах, сетях, приложениях для мобильных устройств и системе безопасности [18, 19].

При использовании мобильных устройств возникают две основные проблемы — ограниченность источников энергии для мобильных устройств и нехватка ресурсов мобильных устройств.

Ограниченность источников энергии мобильных устройств

Одной из основных проблем мобильных вычислительных облаков является ограниченная продолжительность действия аккумуляторов мобильных устройств. Энергетическая емкость мобильных устройств основана на ограниченной энергии, используемой ими, поэтому необходимо продлить срок службы аккумуляторов мобильных устройств. Чем больше времени требуется для внедрения прикладных программ в облаке, тем меньше энергопотребление на мобильных устройствах. Однако в целом невозможно полностью перенести внедрение всех приложений в облако. Например, основные функции, такие как использование программных приложений, ввод данных и отражение результатов обработки на экране, конечно, должны быть реализованы на самом устройстве. В облаке могут производиться только основные функции прикладных программ. Энергия мобильных устройств в основном тратится на отображение различных типов информации на экране, решение некоторой части проблемы и подключение к Интернету [20]. Использование социальных сетей, интернет-приложений, веб-страниц, осуществление телефонных звонков и т.д. приводят к частой перегрузке батарей мобильных

устройств и требуют подключения к электрической сети в течение дня. Существующие технологии не могут обеспечить длительное время действия батарей мобильных устройств. Облачные технологии используются для продления (энергосбережения) времени работы батарей. При использовании на мобильном устройстве программных приложений, которым требуются большие вычислительные ресурсы и ресурсы памяти, процессор мобильного устройства и ресурсы памяти участвуют во всестороннем решении проблем. Это вызывает быструю разрядку батареи. Облачные технологии используются для решения этой проблемы, т.е. проблема решается на облачных серверах, а мобильное устройство выступает в роли терминала. В конечном счете это обеспечивает длительное время работы батареи. В то же время, когда мобильные устройства подключены к сети через Wi-Fi, энергоэффективность снижается на 23% по сравнению с другими технологиями подключения. Кроме того, поскольку программные приложения расположены близко к мобильным устройствам, проблема решается быстрее за счет уменьшения задержек в канале связи, что снижает потребность в энергии мобильного устройства.

Нехватка ресурсов мобильных устройств

При рассмотрении работы мобильных устройств в облачной среде, прежде всего, следует учитывать ограничение ресурсов. Хотя многие параметры мобильных устройств, такие как ресурсы процессора и памяти, размер экрана, беспроводная связь, сенсорная технология и операционные системы, были значительно улучшены, все еще существуют серьезные проблемы с использованием источников энергии и сложных прикладных программ. Под нехваткой ресурсов мобильных устройств подразумеваются ограничения в вычислительных ресурсах и ресурсах памяти. Технические возможности смартфонов, использующих операционные системы Android и Windows Mobile, отстают от технических возможностей персонального компьютера: у них вычислительная мощность в три раза, память в восемь раз и передача данных по сети в 10 раз меньше [21]. В целом следует отметить, что эта нехватка ресурсов является одной из основных причин создания мобильных вычислительных облаков. Для устранения этого

недостатка мобильных устройств необходимые ресурсы добавляются в облачную инфраструктуру и используются пользователем в любое время. Несмотря на постоянное совершенствование мобильных устройств, различие между ограничениями ресурсов мобильных устройств и прочих немобильных устройств будет всегда существовать, а инфраструктура облачных мобильных вычислений будет зависеть от типа используемого программного приложения [22].

Проблемы с сетью, вызванные использованием мобильных вычислительных облаков

Проблемы с сетью, возникающие при использовании мобильных вычислительных облаков [5], следующие:

- 1) проблемы беспроводных сетей;
- 2) обеспечение доступа к информации;
- 3) задержки в каналах связи.

Проблемы с беспроводной сетью

При создании мобильных облаков на основе беспроводных сетей возникают определенные трудности и ограничения. В отличие от проводных сетей, которые используют средства физического соединения, обеспечивающие стабильную зону доступа, среда передачи данных постоянно меняется в мобильных вычислительных средах.

Из-за использования беспроводных каналов связи существует множество задержек, в то же время пропускная способность сети уменьшается. Также происходят частые перерывы в беспроводных сетях (в зависимости от климатических условий, рельефа местности и т.д.) [23]. Учитывая сказанное, для решения этих проблем облачные серверы должны быть расположены вблизи базовых станций, находящихся на близком расстоянии от пользователей.

Обеспечение доступности информации

Информация о клиентах обычно хранится в разных местах или на разных серверах в различных облаках. В этом случае относительно трудно обеспечить непрерывную доступность данных. В то же время одним из важнейших требований к реализации облачных услуг на мобильных устройствах является обеспечение доступа к сети. Мобильные пользователи в мобильной среде получают доступ к сети с использовани-

ем различных технологий, таких как WiMAX, WLAN, 3G/4G, GPRS и другие. Каждая из этих технологий имеет свои собственные схемы подключения, политику, предложения и ограничения. Поскольку существуют разные схемы ввода, важно наличие непрерывных схем соединения от одной точки доступа к другой (во избежание таких проблем, как отключение и сброс). Должен осуществляться процесс организации услуги непрерывной связи. При переходе от точки входа в сеть к другой точке доступа решение проблем на мобильном устройстве должно быть завершено. Потому что при выходе из одной точки доступа и входе в другую точку доступа, естественно, качество обслуживания и соединения меняется. Из-за того, что при создании cloudlets, расположенных в мобильной сети, используется различное компьютерное оборудование (сервер, настольный компьютер, ноутбук и т.д.), а при подключении — технологии Wi-Fi или 3G/4G, качественные показатели будут различаться. Поэтому для обеспечения плавного перехода между точками доступа в созданной системе (плавная передача) для пользователей должен быть создан центр управления подключения к беспроводной сети.

Устранение задержек в сетевых ресурсах

Для оказания услуг через Интернет требуется устойчивая инфраструктура с высокой пропускной способностью. Несмотря на архитектуру, которая используется при создании мобильных облачных вычислений, созданная инфраструктура должна быть надежной. Пропускная способность созданной сети должна быть высокой для способности устранения задержек. Факторы, влияющие на позднюю доставку программных приложений пользователю, следующие [24, 25]:

- время обработки информации в центре обработки данных;
- время обработки данных на мобильном устройстве;
- сетевые задержки;
- время передачи в контактном канале.

Для устранения сетевых задержек может быть предпринят ряд мер. Проблема задержки в сети сводится к минимуму, если прикладные программы расположены на ближайших к пользователю серверах, поскольку задержки в основном зависят от расстояния. При размещении

более тяжелых программных приложений (данные), таких как видеопрограммы и программы перевода, которые требуют больших вычислительных ресурсов и ресурсов памяти, в близких к мобильному устройству облачных серверах зона охвата будет широкой и задержки заметно уменьшатся. Следовательно, поставщики услуг могут эффективно усовершенствовать зону досягаемости, восстанавливая интернет-трафик на основе логического местоположения и возможностей кэширования.

Проблемы с использованием мобильных программных приложений [26]: интероперабельность (взаимная совместимость), гибкость облачных приложений и конвергенция мобильных облаков.

Интероперабельность

Компании, которые придерживаются политики Bring-your-Own-Device (BYOD) (используй собственное мобильное устройство), обычно сталкиваются с проблемами интероперабельности. В то время как сотрудники в пределах компании используют работающие на разных операционных системах устройства компаний Apple, Samsung, BlackBerry и другие или группа лиц разделяет ту же сеть. При таких обстоятельствах, исходя из особенностей используемых облачных приложений, из-за доступа к данным между несколькими устройствами может возникнуть проблема интероперабельности операционных систем мобильных устройств. Принятие политики BYOD требует обеспечения безопасного доступа пользователей к данным компании и создания новых функций безопасности и управленческих особенностей в приложении. Можно оптимизировать мобильную доступность с использованием информации о размещении программных приложений в сети. Такие типы услуг используют данные, собранные с помощью терминальных датчиков или сетевых датчиков, которые измеряют состояние сети и нагрузку.

Гибкость облачных приложений

Поддержка программных приложений определенной мобильной облачной инфраструктурой определяется на основе требований (интенсивность вычислений, досягаемость сети и задержки в сети) к характеристикам мобильного устройства, досягаемости сети и облачной инфраструктурой по векторам задержек [27].

Конвергенция мобильных облаков

Распределение данных для повышения мобильности путем интеграции мобильных облачных технологий в мобильную среду является одним из основных условий. Ограниченная вычислительная мощность мобильных устройств требует распределения данной проблемы. Таким образом, вычислительная мощность мобильных устройств не позволяет этим устройствам выступать в качестве вычислительной платформы. Конвергенция мобильных облаков позволяет повысить производительность этих устройств, решить проблемы с долгосрочным энергопотреблением и вычислительной мощностью. Мобильные устройства не могут использовать программы, требующие больших вычислительных ресурсов и ресурсов памяти, из-за проблемы ограниченных ресурсов или при использовании такого программного обеспечения требуется большая энергоэффективность. Поэтому программы обычно делятся на несколько частей и используют ресурсы мобильных вычислительных облаков. Основная вычислительная часть программы обрабатывается облаком, а мобильные устройства решают только некоторые простые вопросы. Основной подход к конвергенции мобильного облака состоит в том, что приложения делятся на такие разделы, в которых части, требующие больших вычислений, должны производиться в облаке, а другие части, связанные с пользовательским интерфейсом, — на мобильных устройствах.

Таким образом, были проанализированы проблемы в разных областях облаков: мобильных устройствах, сети, программных приложениях и безопасности — и в следующем параграфе предложены пути решения данных проблем.

Пути решения проблем, возникающих в мобильных вычислительных облаках

Таким образом, обобщив вышеупомянутые проблемы, мы определили критерии, которые влияют на эффективное использование услуг в мобильных вычислительных облаках:

- расположение облачных серверов системы Cloud Computing вдали от мобильных пользователей;
- очень низкая пропускная способность канала связи из-за перегрузки сети;
- задержки в сети;
- образование перерывов в работе каналов связи;

- низкая продолжительность действия батарей мобильных устройств;
- работа программных приложений в режиме онлайн;
- несвоевременная доставка данных и результатов пользователю;
- размещение программных приложений на удаленных серверах;
- использование различных технологий мобильного подключения для подключения пользователей к сети;
- обеспечение доступности информации в сети;
- обеспечение непрерывности связи в каналах связи;
- использование cloudlet с различными техническими возможностями в сети;
- оптимальное размещение запросов пользователей в cloudlet и так далее.

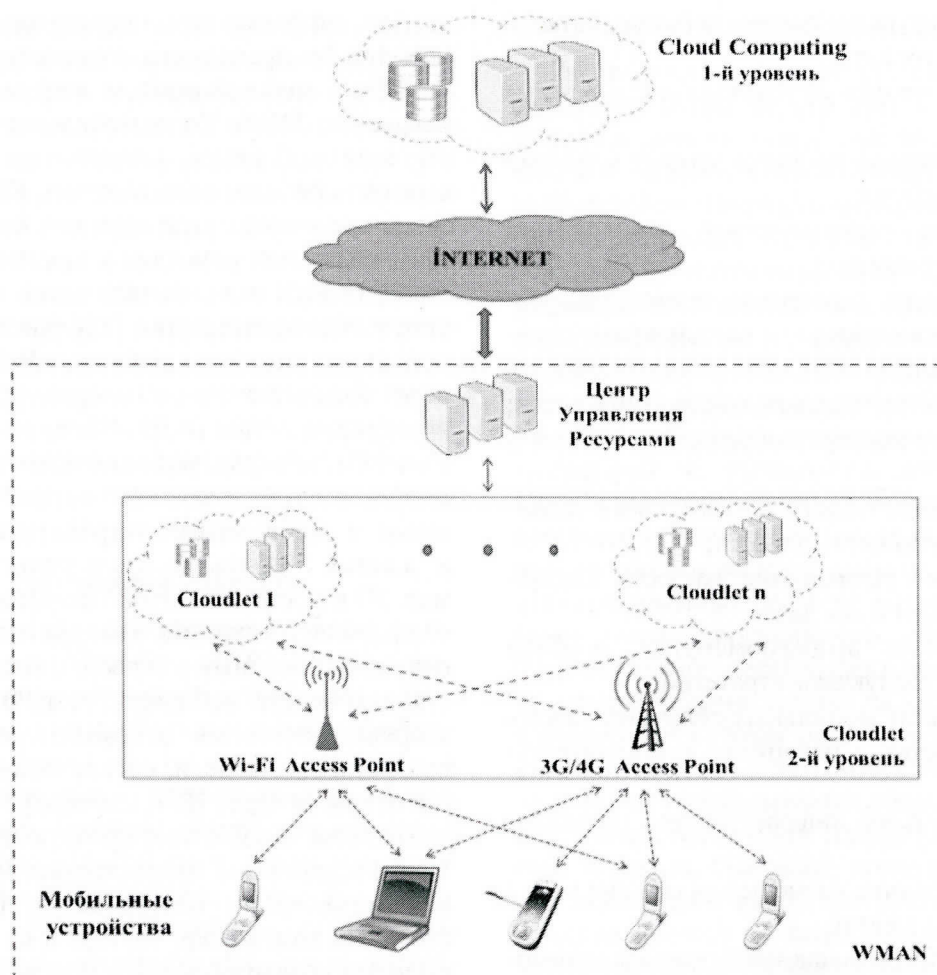
Для решения вышеупомянутых проблем применяются следующие стратегии:

- использование мобильных облачных вычислительных систем с иерархической архитектурой;
- создание сетевой инфраструктуры на основе cloudlet;
- прогнозирование размещения cloudlet в сети в необходимых местах;
- оптимизация размещения базовых и вспомогательных частей прикладных программ в облаке и на мобильных устройствах;
- размещение программных приложений в ближайших к пользователю cloudlets для минимизации задержек;
- определение возможностей вычислительных ресурсов и ресурсов памяти cloudlet;
- использование минимального канала связи между пользователем и cloudlet;
- размещение заранее программных приложений с высокой частотой использования в сети cloudlet;
- кластеризация на основе интенсивности использования программных приложений, используемых в cloudlet;
- организация миграции данных между cloudlet и т.д.

Мобильные облачные вычисления, основанные на cloudlet с иерархической структурой, широко используются для реализации вышеупомянутой стратегии. Используемая архитектура МВО показана на рисунке.

Для эффективного использования ресурсов cloudlet предложена архитектура на основе cloudlet с использованием центра управления ресурсами (ЦУР). Когда мобильные пользователи входят в облачное программное обеспечение, они сначала присоединяются к ЦУР, который затем соединяет пользователя с соответствующим облачным сервером в кратчайшие сроки, и мобильный пользователь легко получает доступ к облачным услугам [12]. Здесь мобильные устройства подключаются к мобильным сетям через базовые станции (например, базовая передающая станция — 3G/4G, точка входа — Wi-Fi и т.д.), которые устанавливают и управляют соединениями (воздушные соединения) между сетью и мобильными устройствами. Запросы и данные мобильных пользователей (например, ID и местоположение) передаются в Центр управления ресурсами (центральный процессор, подключенный к серверу), который предоставляет услуги мобильной сети. Впоследствии запросы абонентов отправляются на сервер предлагаемой модели, обеспечивающей доступ к Интернету через ЦУР, где через Интернет налаживается связь с соответствующим облаком. Центр управления предоставляет информацию о компьютерном оборудовании (сервер, настольный компьютер, ноутбук и т.д.), используемом для создания cloudlet. В то же время Центр управления собирает информацию о технических возможностях cloudlet (частота процессора, количество ядер процессора, количество виртуальных машин и их технические характеристики, объем памяти и т.д.) и сведения о том, к какому cloudlet в мобильной сети близко находится пользователь. Поэтому актуальным является вопрос о размещении программных приложений, запрошенных из облачных серверов, в определенном cloudlet и виртуальной машине, которые соответствуют требованиям пользователя.

Во многих случаях тип виртуальной машины, выбранный пользователем, не соответствует ресурсу, требуемому для решения задачи. Вопрос о поддержании программных приложений определенной мобильной облачной инфраструктурой определяется на основе требований (интенсивность вычислений, досягаемость сети и сетевые задержки сети), предъявляемых к характеристикам облачной инфраструктуры по мобильным устройствам, досягаемости сети



Архитектура МВО, созданная на основе cloudlet

и векторам задержки. Пользователи не устанавливают требования к вычислительным ресурсам и ресурсам памяти, пропускной способности сети и сетевым задержкам при использовании веб-почты или социальных сетей. Однако если пользователь использует программные приложения для биометрического распознавания, HD-видео, онлайн-игр, перевода и навигации, то тогда к вышеупомянутым атрибутам облачной инфраструктуры предъявляются высокие требования. Для прикладных программ, требующих высокоскоростной передачи, надо использовать виртуальные машины cloudlet, обеспечивающие среду высокоскоростной передачи и низких задержек [28].

Разместив запросы пользователей в ближайших к ним cloudlets, а также уменьшив количество соединений между пользователем и cloudlet, можно устранить задержки и обеспечить безопасность работы сети. Можно сни-

зить энергопотребление, задержки и перерывы в сети путем правильного размещения вспомогательных (интерфейсы) и основных частей используемых пользователями программных приложений соответственно в мобильном устройстве и облачных серверах.

Беспроводные городские сети (Wireless Metropolitan Area Networks — WMAN), созданные на основе cloudlet, имеют несколько преимуществ [29]:

- интернет-провайдеры предоставляют недорогие облачные услуги пользователям через WMAN, и эти услуги становятся доступными для широкого круга пользователей;
- наличие сети WMAN городского масштаба позволяет пользоваться услугами cloudlet большему числу пользователей;
- обеспечивается безопасная, надежная, устойчивая работа сети;
- увеличивается пропускная способность сети.

С другой стороны, из-за большого объема WMAN, неправильного размещения cloudlet и плохого распределения нагрузки между ними это может привести к продлению времени соединения и обработки, что приведет к задержкам в доставке результатов пользователю. Основная проблема в упомянутых сетях состоит в выяснении места размещения cloudlet и направления запроса пользователей в cloudlet для сокращения времени соединения. С другой стороны, определение того, какой из cloudlet загружен мало, и размещение программного приложения пользователя в нем являются одним из актуальных вопросов. Таким образом, обеспечение большого количества пользовательских запросов и требований к ресурсам различного объема, а также оптимальное их размещение в cloudlet являются актуальными проблемами. При использовании услуг централизованных вычислительных облаков пользователями возникают задержки при загрузке сети и получении обработанных данных. В то же время цены на услуги тоже высоки. Чтобы устранить этот недостаток, необходимо размещать ресурсы облачных вычислений близко к пользователю. Для этого можно устранить данные задержки, используя сети cloudlet, встроенные ближе к пользователям. Кроме того, cloudlets обрабатывают запросы быстрее и позволяют мобильным устройствам использовать меньше энергии.

Эффективно используя ресурсы сетей cloudlet, можно решить некоторые из вышеупомянутых проблем. Определение возможностей вычислительных ресурсов и ресурсов памяти cloudlet и размещение программных приложений, соответствующих запросам пользователя, в нужном cloudlet является проблемной задачей. Когда вычислительные ресурсы и ресурсы памяти cloudlet, расположенного рядом с точкой доступа (Access Point), не способны обработать запросы многочисленных мобильных пользователей, мобильный пользователь вынужден выбрать другой, близкий ему cloudlet и воспользоваться его ресурсами.

С другой стороны, выбор cloudlet, которые обладают лучшими техническими возможностями для решения проблемы пользователя, и в то же время оптимальное распределение пользовательских запросов в cloudlet являются актуальными проблемами. Компьютеры, используемые в сети cloudlet, имеют различные

технические параметры (вычислительная мощность, объем памяти, частота и т.д.). При этом время, которое требуется для решения и передачи вопроса пользователю, зависит от вычислительной мощности виртуальной машины, созданной в cloudlet, и количества узлов, расположенных между пользователем и cloudlet. Чем меньше количество узлов между cloudlet и пользователем, тем меньше задержек. Это, в свою очередь, помогает быстрее доставлять результаты и данные пользователю. Также необходимо направить запрос любого пользователя в cloudlet с высокими техническими возможностями (чтобы сократить время решения проблемы). Поэтому, прежде чем выбрать cloudlet, необходимо сначала проверить сеть и определить ситуацию. Таким образом, после проверки становится доступной информация о загрузке и технических возможностях cloudlet, и мы определяем, в каком cloudlet решение проблемы может осуществиться быстрее. Проблема быстро найдет свое решение в том cloudlet, технические возможности которого выше (вычислительная производительность, память и частота работы). Если технически осуществимы два cloudlet, это решит проблему быстрее. Однако тогда затраты на решение проблемы будут более высокими, чем у других cloudlet. Следовательно, если выбранный cloudlet обеспечивает решение проблемы в течение времени, установленного пользователем, то следует выбрать cloudlet с меньшими затратами на решение, т.е. невыгодно тратить больше денег на быстрое решение вопроса в поставленные сроки.

Таким образом, к ключевым показателям, оказывающим влияние на эффективное использование процесса обработки данных в мобильных вычислительных облаках, относятся время обработки данных, сетевые задержки и время доставки данных в Дата-центр и на мобильное устройство. При использовании облачных технологий пользователи в основном опираются на следующие критерии:

- стоимость решения проблемы;
- время для решения проблемы;
- обеспечение информационной безопасности;
- быстрая и надежная доставка данных и результатов пользователям.

Указанные критерии зависят от близкого или далекого географического расположения

облачных серверов от пользователей, мощности виртуальных вычислительных машин и степени загрузки сети. Поэтому они пытаются разместить серверы мобильных облачных технологий на близком к пользователям расстоянии. Лучше всего размещать cloudlet возле каждой базовой станции. Но такие мобильные вычислительные облака стоят дороже, в то же время система не используется эффективно. По этой причине следует проводить мониторинг и анализ местоположения cloudlet (вблизи учебных заведений, торговых центров, мест отдыха и т.д.). Количество каналов связи между пользователями и cloudlet должно быть минимальным, и это обеспечивает надежное функционирование каналов связи. Должны быть разработаны алгоритмы для правильного выбора cloudlet, которые будут обеспечивать решение проблемы пользователя в требуемые сроки. Должны быть разработаны методы и алгоритмы правильного выбора виртуальных машин, которые помогают снизить затраты. Кроме того, в созданных зонах надо определить, какие программные приложения пользователи используют чаще. После определения программных приложений, имеющих высокую интенсивность, должен рассматриваться вопрос кластеризации их в cloudlet. Затем должны быть определены технические возможности системы cloudlet, которая будет создана в этой зоне. После анализа мест скопления большого количества людей и большого количества данных, используемых ими, можно определить местоположение cloudlet в этих зонах. Таким образом, для решения вышеупомянутых проблем предусмотрена разработка методов и алгоритма МВО в очередных исследовательских работах.

Заключение

В статье проанализированы проблемы, возникающие при использовании мобильных вычислительных облаков, созданных на основе облачных технологий, и их решение. В то же время в статье отмечены недостатки, существующие в различных частях мобильных вычислительных облаков. Определены критерии, влияющие на эффективное использование услуг МВО. Представлена стратегия для решения данных проблем. Для эффективного решения проблем предложено создание мобильных вычислительных облаков иерархической структуры на основе cloudlet.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gupta P., Gupta S. Mobile Cloud Computing: The Future of Cloud // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. 2012. V. 1. No 3. P. 134—144.
2. Khan A.U.R., Othman M., Madani S.A., Khan S.U. A Survey of Mobile Cloud Computing Application Models // IEEE Communications Surveys and Tutorials. 2014. V. 16. No 1. P. 393—413.
3. Liu F., Shu P., Jin H., Ding L., Yu J., Niu D., Li B. Gearing resource-poor mobile devices with powerful clouds: architectures, challenges, and applications // IEEE Wireless Communications. 2013. V. 20. No 3. P. 14—22.
4. Shaikat U., Ahmed E., Anwar Z., Xia F. Cloudlet deployment in local wireless networks: Motivation, architectures, applications, and open challenges // Journal of Network and Computer Applications. 2016. V. 62. P. 18.
5. Fernando N., W. Loke S., Rahayu W. Mobile Cloud Computing: A survey // Future Generation Computer Systems. 2013. V. 29. No 1. P. 84—106.
6. Dinh H.T., Lee C., Niyato D., Wang P. A survey of mobile cloud computing: Architecture, applications, and approaches // Wireless Communications and Mobile Computing. 2013. V. 13. No 18. P. 1587—1611.
7. Alekberov R.K., Pashayev F.H., Alekperov O.R. Forecasting Cloudlet Development on Mobile Computing Clouds // Information Technology and Computer Science. 2017. No 11. P. 23—34.
8. Qi H., Gani A. Research on Mobile Cloud Computing: Review, Trend and Perspectives // IEEE 2nd International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Applications. 2012. P. 195—202.
9. Li Y., Wang W. The Unheralded Power of Cloudlet Computing in the Vicinity of Mobile Devices // 013 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM). 2013. P. 4959—4964.
10. Huerta-Canepa G., Lee D. A virtual cloud computing provider for mobile devices // International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology. 2017. V. 3. No 3. P. 411—414.
11. Jia M., Liang W., Xu Z., Huang M. Cloudlet load balancing in wireless metropolitan area networks // IEEE. 2016. 10—14 April. P. 730—738.
12. Shi C., Lakafosis V., Ammar M.H., Zegura E.W. Serendipity: enabling remote computing among intermittently connected mobile devices // In Proc. of the ACM MobiHoc. 2012. P. 145—154.
13. Alekberov R.K., Alekperov O.R. Effective use Method of Cloudlet Resources by Mobile Users // International Journal of Computer Network and Information Security. 2018. V. 10. No 2. P. 46—52.
14. Sarddar D., Bose R. A Mobile Cloud Computing Architecture with Easy Resource Sharing // International Journal of Current Engineering and Technology. 2014. V. 4. No 3. P. 1249—1254.
15. Gelenbe E., Lent R., Douratsos M. Choosing a local or remote cloud // Proceedings of 2nd International Symposium on Network Cloud Computing and Applications. 2012. P. 25—30.
16. Verbelen T., Simoens P., Turck F.D., Dhoedt B. Cloudlets: Bringing the cloud to the mobile user // Proceedings of 3rd

- workshop on Mobile Cloud Computing and Services, ACM. 2012. P. 29—36.
17. **Alakbarov R., Pashayev F., Hashimov M.** Development of the Method of Dynamic Distribution of Users' Data in Storage Devices in Cloud Technology // *Advances in Information Sciences and Service Sciences*. 2016. V. 8. No 1. P. 16—21.
 18. **Sahu D., Sharma S., Dube V., Tripathi A.** Cloud Computing in Mobile Applications // *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2012. V. 2. N 8. P. 1—9.
 19. **Ələkbərov R.Q., Ələkbərov O.R.** Mobil hesablama buludları: mövcud vəziyyəti, inkişaf mərhələləri, problemləri və həlli yolları // *İnformasiya Texnologiyaları Problemləri*. 2018. 194 səh.
 20. **Collings R.** Mobile Cloud Adoption Challenges in the Enterprise // <http://cloudcomputingtopics.com/2012/04/mobile-cloud-adoption-challenges-in-the-enterprise/>.
 21. **Mun K.** Mobile Cloud Computing Challenges, 2010, <http://insight.nokia.com/mobile-cloud-computing-challenges/>.
 22. **Li Y., Wang W.** Can Mobile Cloudlets Support Mobile Applications // *INFOCOM, Proceedings IEEE*. 2014. 27 April—2 May. P. 1—9.
 23. **Herbert P., Ravi K., Jelciana P.** Mobile Cloud Computing: A survey on Challenges and Issues // *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*. 2016. V. 14. No 12. P. 165—170.
 24. **Xu Z., Liang W., Xu W., Jia M., Guo S.** Efficient Algorithms for Capacitated Cloudlet Placements // *IEEE Transactions On Parallel And Distributed Systems*. 2016. V. 27. No 10. P. 2866—2880.
 25. **Goyal M., Sing S.** Mobile Cloud Computing // *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*. 2014. V. 3. No 4. P. 517—521.
 26. **Tawalbeh L., Jararweh Y., Ababneh F., Dosari F.** Large Scale Cloudlets Deployment for Efficient Mobile Cloud Computing // *Journal of Network*. 2015. V. 10. No 1. P. 70—76.
 27. **Shim Y.C.** Effects of cloudlets on interactive applications in mobile cloud computing environments // *International Journal of Advanced Computer Technology*. 2015. V. 4. No 1. P. 54—62.
 28. **Alakbarov R.G., Alakbarov O.R.** Virtual Machine Selection Algorithm Based on User Requirements in Mobile Cloud Computing Environment // *International Journal of Computers & Technology*. 2018. V. 17. No 2. P. 7335—7349.
 29. **Alakbarov R.G., Alakbarov O.R.** Procedure of effective use of cloudlets in wireless metropolitan area network environment // *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)*. 2019. V. 11. No 1. P. 93—107.

ООО «Наука и технологии»

Учредитель журнала ООО «Наука и технологии»

Журнал зарегистрирован в Комитете Российской Федерации по печати.

Свидетельство о регистрации № 018873 от 27 мая 1999 г.

Редактор Морозова И.М.

Оригинал-макет и электронная версия изготовлены в ООО «Сид».

Сдано в набор 13.03.2019. Подписано в печать 23.04.2019.

Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 5,82. Уч.-изд. л. 6,53. Печать цифровая. Тираж 65 экз. «Свободная цена»

Отпечатано в ООО «Сид».