

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Алленов Д. С.¹, Курбанов С. Н.²

DOI:10.21681/3034-4050-2026-1-8-15

Ключевые слова: балансировка нагрузки, алгоритм кругового обслуживания, сеть CDN, методы кластеризации, аппарат нечеткой логики, интеллектуальные технологии.

Аннотация

Цель: на основе общих теоретических положений и актуальных релевантных работ рассмотреть вопросы распределения вычислительной нагрузки и статистических данных по серверам пунктов управления.

Метод исследования: обзор работ, посвященных вопросам балансировки нагрузки на сервера. Анализ публикаций по вопросам распределения данных и вычислительных задач между серверами.

Результаты исследования: обоснована необходимость учитывать при распределении нагрузки такие параметры состояния серверов на пунктах управления (ПУ), как загруженность вычислительных ресурсов, взаимное географическое положение должностного лица (ДЛ) и сервера, а также пропускную способность каналов связи.

Практическая ценность: заключается в обосновании целесообразности применения балансировки нагрузки на серверах информационной сети тактического звена управления для качественного и своевременного решения информационно-расчетных задач.

Введение

В настоящее время в гражданской и военной сферах используются различные подходы к распределению вычислений и хранения данных, включая алгоритмы Round Robin, Least Connections, Weighted Load Balancing, IP Hash и др. Эти методы значительно повышают производительность информационных сетей, но зависят от разнообразия решаемых задач и географического расположения серверов.

В настоящей статье рассматривается проблема распределения нагрузки между серверами информационной сети тактического звена и обосновываются пути ее решения. Приводятся существующие методы и алгоритмы решения задачи балансировки нагрузки.

Основная часть

Информационные системы специального назначения эксплуатируются в условиях высокой интенсивности информационного обмена и динамически изменяющихся нагрузок, что предъявляет повышенные требования к устойчивости их функционирования, скорости обработки данных и способности к адаптивному масштабированию вычислительных ресурсов.

В укрупненном виде архитектура информационной системы специального назначения показана на (рис.1), где должностные лица (ДЛ), от командиров подразделений до вышестоящего командования штабов, используя соответствующую техническую основу, а также общие и прикладные сервисы, способны своевременно обмениваться необходимой информацией.

Особенно остро эти требования проявляются в сфере построения и эксплуатации систем управления тактического звена, где время отклика, надежность обработки информации и рациональное использование вычислительных ресурсов, критически важны для выполнения задач в быстроварениющейся обстановке, что и показывает их актуальность в специальной военной операции (СВО) [1].

С увеличением объемов обрабатываемой информации и возрастанием числа пользователей, взаимодействующих с информационной системой, ключевым становится вопрос правильного распределения вычислительной нагрузки между доступными ресурсами.

Рост объемов обрабатываемых данных и количества активных пользователей приводит к неравномерному распределению информационных потоков между элементами систе-

1 Алленов Денис Сергеевич, соискатель, Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: allenovdenis@yandex.ru

2 Курбанов Сергей Николаевич, преподаватель кафедры информатики и вычислительной техники инженерного факультета Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д. И. Михайлова, г. Химки, Московская область, Россия. E-mail: s.kurbanov@azg.50.mchs.gov.ru

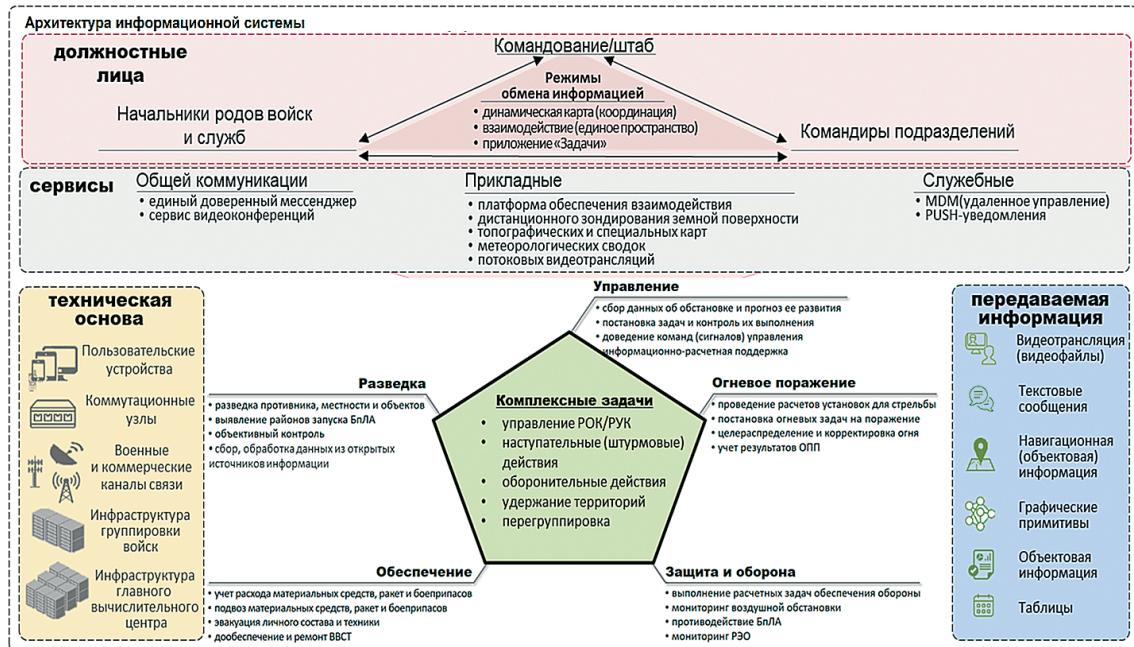


Рис. 1. Архитектура информационной системы специального назначения

мы, что, в свою очередь, негативно сказывается на общей производительности и времени отклика информационной системы.

Использование традиционных архитектур клиент-серверных приложений без внедрения механизмов балансировки нагрузки не позволяет обеспечить необходимый уровень отказоустойчивости и производительности в условиях переменной интенсивности запросов и ограниченности вычислительных ресурсов сетевых узлов.

В распределённых информационных системах под балансировкой нагрузки понимается процесс целенаправленного управления

потоками входящих запросов, при котором осуществляется их перераспределение между несколькими серверными узлами с учётом текущего состояния вычислительных ресурсов. Реализация данного процесса позволяет обеспечить требуемые показатели быстродействия, повысить устойчивость системы к отказам и сократить задержки при обработке запросов пользователей [2].

В настоящее время в различных информационных структурах используются различные методы распределения нагрузки, включая алгоритмы Round Robin, Least Connections, Weighted Load Balancing, IP Hash и др. (рис. 2).

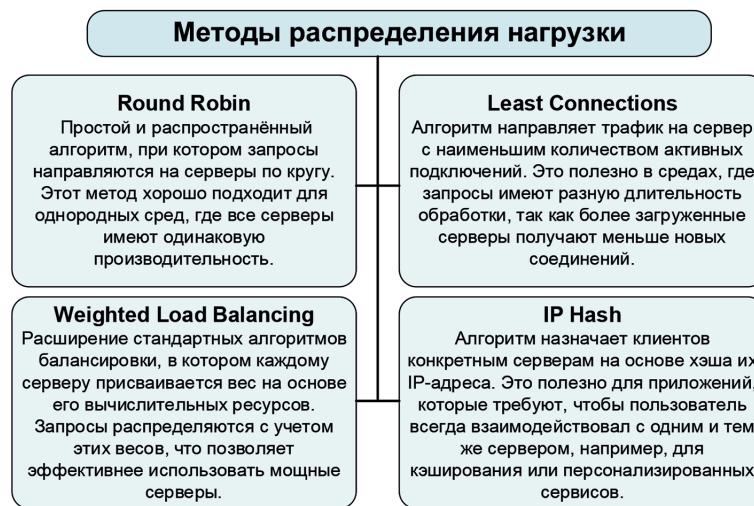


Рис. 2. Методы распределения нагрузки

Каждый из этих методов обладает своими преимуществами и ограничениями, в зависимости от конфигурации вычислительного кластера и специфики решаемых задач.

Особенность информационных систем специального назначения заключается в наличии специфических требований: высокая плотность и изменчивость трафика, необходимость быстрого принятия решений, ограниченность вычислительных ресурсов и каналов связи. При этом эффективность функционирования систем управления во многом зависит от состояния серверного комплекса, их загрузки, географического расположения и пропускной способности каналов связи.

С учетом этого, использование традиционных алгоритмов распределения нагрузки, не учитывающих текущие параметры состояния серверов, приводит к задержкам в обработке запросов и снижению оперативности принятия решений.

В условиях современных вызовов и ограничений становится актуальным использование интеллектуальных методов анализа и управления, таких как кластеризация, нейросетевые подходы и элементы нечёткой логики. Эти методы позволяют адаптировать поведение балансировщика к текущей ситуации в вычислительной системе, обеспечивая более точное и рациональное распределение запросов между серверами.

Кластерный анализ и алгоритмы, такие как К-средних и С-средних, позволяют формировать группы запросов по признакам их принадлежности к определённым вычислительным ресурсам. Нечёткая логика, в свою очередь, расширяет возможности принятия решений в условиях неопределённости параметров состояния [3].

Реализация интеллектуальных подходов к управлению вычислительными ресурсами позволяет повысить оперативность, масштабируемость и эффективность информационных систем специального назначения, что особенно важно в условиях выполнения боевых задач.

Специальные информационные системы в статье рассматриваются на уровне тактического звена управления и охватывают соединения, части и подразделения уровня бригады, батальона, роты и взвода. Система управления (СУ) тактического звена управления предназначена для организации, координации и контроля действий подразделений в ходе

выполнения боевых задач. Она, включает в себя органы управления (ОУ), пункты управления (ПУ) различного уровня, средства управления, средства автоматизации управления и системы связи, а также другие специальные системы [1]. Главная цель СУ – обеспечить принятие своевременных решений, передачу приказов и донесений, а также устойчивую связь между командованием и подчинёнными ПУ.

Система управления строится на основе принципов централизации руководства, непрерывности, оперативности, устойчивости и скрытности [4]. Главная роль принадлежит командирам и штабам, которые принимают решения, доводят приказы и контролируют их выполнение.

Основные угрозы для СУ – радиоэлектронное противодействие, кибератаки и разрушение узлов связи. Для повышения устойчивости СУ создаются резервные ПУ, используются мобильные средства связи, применяются автоматизированные системы защиты и восстановления связи, а также подготавливается личный состав к работе в условиях потери связи.

Использование современных систем автоматизации обеспечивает возможность интеграции различных по своей природе каналов связи. Обмен информацией в СУ организован по функциональным направлениям: оперативное, разведывательное, тыловое, артиллерийское, инженерное, связи и др. Потоки информации делятся на приказы, распоряжения, донесения, отчёты и запросы. Основные направления обмена: от вышестоящего командования к подчинённым (приказы) и от подчинённых к командованию (донесения, отчёты). Информация передаётся по регламентированным каналам связи и в установленные сроки. Фрагмент структуры обмена данными с перечнем необходимой информации для постановки задач расчетам с рабочего места ПУ подразделением приведен на (рис. 3).

Организация обмена данными в СУ подчинена принципам иерархичности и функциональности. Каждый тип донесений имеет установленную форму и периодичность. Для обеспечения устойчивости применяются резервные каналы связи и дублирование данных. Внедряются меры защиты информации: шифрование, контроль целостности и аутентификация пользователей.



Рис. 3. Структура обмена данными между ПУ и должностными лицами расчетов

Одним из подходов к совершенствованию СУ за счет рационального построения информационной системы, является равномерное (сбалансированное) распределение статистической информации и вычислительной нагрузки между ОУ и ПУ. В настоящее время такие задачи решаются с использованием систем балансировки.

В связи с повышением требований предъявляемых к специализированным информационным системам, таких как скорость, объем передаваемой информации, появляется потребность в разработке нового математического, алгоритмического и программно-аппаратного обеспечения. Для повышения производительности информационных систем разрабатывают новые методы хранения и кэширования больших объемов данных обеспечивающих программное уменьшение объема данных, циркулирующих в телекоммуникационных сетях, и одновременного повышения скорости их доставки [5]. Разработка программ, обеспечивающих производительность информационных систем при работе с обширными массивами данных является актуальной научно-практической задачей. Это особенно важно в контексте опыта, полученного в ходе СВО, что стимулирует поиск и создание прогрессивных подходов к разрешению возникающих задач.

В дополнение к этому, важно установить характеристики работы серверного оборудо-

ования на ПУ, которые оказывают влияние на быстроту передачи информации ДЛ. Также необходимо провести изучение полученных параметров функционирования для последующего оптимального перераспределения запросов клиент-серверных приложений.

Серверы ПУ в современной информатике играют ключевую роль в распределенных вычислительных системах, находя широкое применение в архитектуре клиент-серверных приложений с высокой интенсивностью запросов и в сетях распространения контента (CDN). Сети доставки контента (CDN) представляют собой распределённые вычислительные инфраструктуры, в которых серверные узлы размещаются с учётом географического положения пользователей. Такой подход позволяет минимизировать задержки при передаче данных и снизить нагрузку на магистральные каналы связи за счёт использования ближайших к пользователю серверов. [6].

Состояние вычислительных мощностей и загруженность серверных ресурсов ПУ напрямую влияют на скорость доставки информации и выполнение вычислений. Следовательно, оптимальное распределение нагрузки оказывает непосредственное воздействие на скорость обработки пользовательских запросов. Перераспределение между серверами пользовательской нагрузки поступающей от автоматизированного рабочего места (АРМ) ДЛ, на конкретные серверы осуществляют

балансировщик нагрузки (рис. 4). При этом используются соответствующие программы балансировки [7].

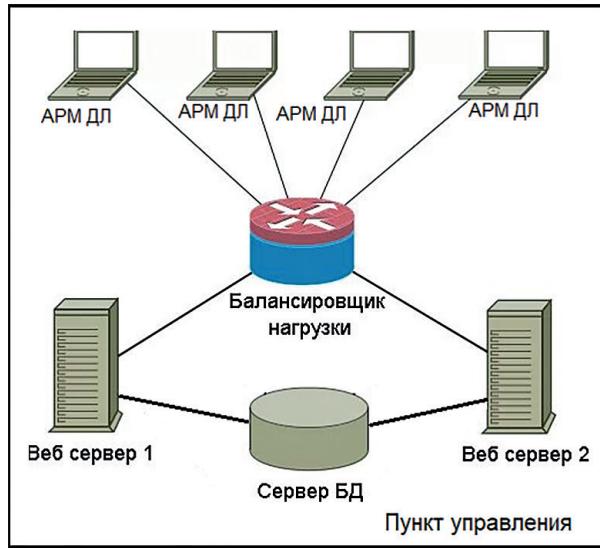


Рис. 4. Балансировка нагрузки на пункте управления

Скорость передачи данных клиент-серверных приложений зависит и от задач решаемых ДЛ (обмен файлами, электронная почта, обмен

карографической информацией и передача данных), использующих приложение, их географического местоположения, что и необходимо учитывать при выполнении анализа текущего состояния параметров состояния клиент-серверного приложения информационной системы специального назначения.

Следовательно, решение проблемы увеличения скорости доставки информации клиент-серверных приложений и информационных систем достигается за счет разработки программного обеспечения (ПО), выполняющего анализ больших объемов данных параметров состояния серверов и данных о АРМ ДЛ, а также ПО, обеспечивающего оптимизацию распределения данных между серверами.

Для этого в настоящее время активно используются сети доставки данных CDN и средства балансировки нагрузки.

Важными аспектами построения CDN являются географические размещения серверов и распределения копий данных на этих серверах, которые обеспечивают оптимизацию доставки данных конечному ДЛ. Порядок распределения запросов ДЛ приведены на рисунке 4.

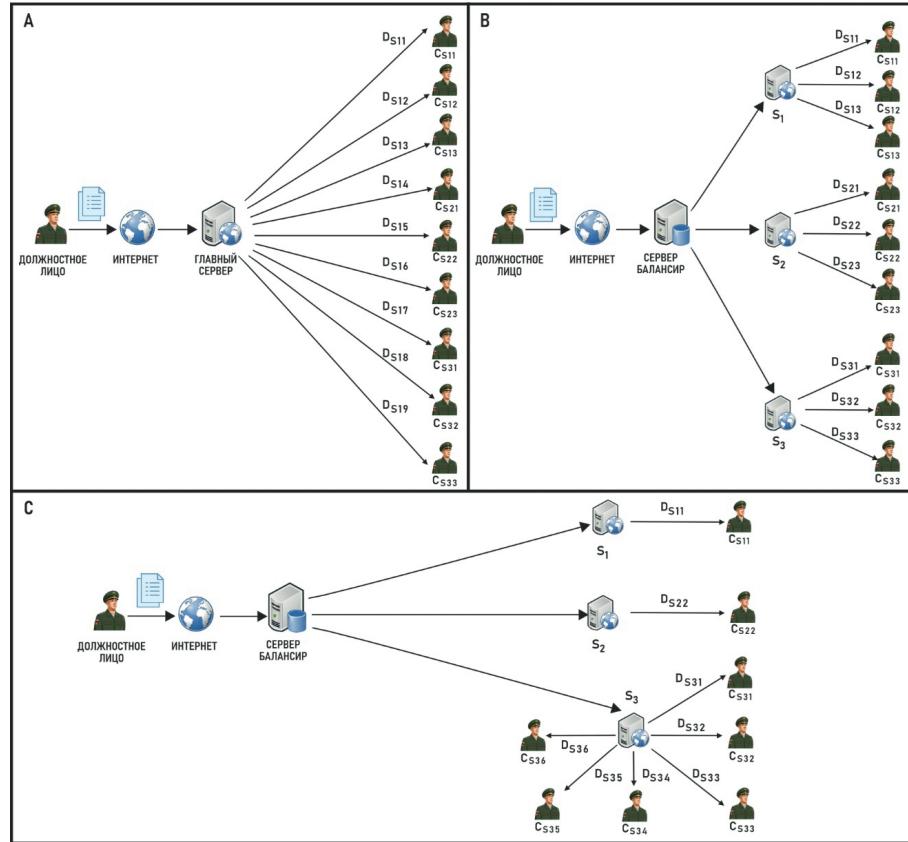


Рис. 4. Порядок распределения запросов должностных лиц

На фрагменте А (рис. 4) показано, когда дублирование данных не производится, а запросы всех ДЛ обрабатываются одним сервером. Вариант распределения запросов ДЛ при размещении копий данных на всех серверах приведен на фрагменте В рисунка 4. Распределение файлов на сервера по первому требованию и последующее удаление копии после интервала времени, за которое данные не были востребованы с данного сервера приведено на фрагмент С (рис. 4).

Размещение копий данных на этих серверах важно, так как рациональное размещение уменьшает как задержку доставки данных для их ДЛ, так и доступную пропускную способность. Таким образом, для распределения данных по серверам стоит учитывать сетевые характеристики (полоса пропускания канала, географическое расстояние от ДЛ до сервера или количество граничных узлов (Hop Count)).

Для распределения вычислительной нагрузки используется сервер-балансир. Такой сервер принимает запросы ДЛ и перераспределяет их на наиболее подходящий сервер для решения вычислительной задачи в данный момент времени. Определение наиболее подходящего сервера происходит на основании заданного алгоритма выбора. В качестве таких алгоритмов выступает алгоритм кругового распределения (Round Robin), взвешенный

алгоритм кругового распределения (Weighted Round Robin), балансировка на основе агента.

Варианты обработки запросов пользователей при отсутствии и при наличии сервера балансировки приведены на рисунке 5). На фрагменте А этого рисунка представлена схема без балансировки нагрузки, при которой все запросы от всех ДЛ адресуются на единственный сервер, производящий вычисления. На фрагменте В представлена схема, при которой запросы ДЛ попадают из внешней сети на сервер-балансир и перенаправляются на наиболее подходящий сервер для вычислений. При этом повышается отказоустойчивость и надежность клиент-серверного приложения.

Решение задачи оптимизации распределения нагрузки предлагается решать методами кластеризации [8]. Кластерный анализ представляет собой процесс группировки объектов выборки в классы. Следовательно, выбор оптимального сервера, необходимо классифицировать через запросы пользователей по серверам, учитывая ранее обозначенные требования. Предлагается выполнять разделение запросов пользователей по узлам вычислительной системы таким образом, чтобы минимизировать загрузку серверов, при этом обеспечивая наилучшую скорость передачи данных конечному пользователю.

Рассмотрим методы кластеризации. Результаты кластеризации могут быть представлены в виде четкого отнесения к кластеру (запрос принадлежит кластеру или нет) или в виде нечеткого отнесения, где запрос пользователя имеет определенную вероятность принадлежности к кластеру. Наиболее распространенные алгоритмы – К-средних и С-средних. Нейронные сети также могут быть использованы для решения задачи распределения вычислительной нагрузки посредством кластерного анализа [9].

Алгоритм К-средних итеративно пересчитывает центры масс кластеров, перераспределяя запросы в соответствии с близостью к новым центрам. Цель – распределить запросы по кластерам (серверам) так, чтобы каждый запрос был отнесен к одному серверу. Алгоритм С-средних позволяет пользователю принадлежать к разным серверам с разной степенью принадлежности.

Однако кластерный анализ может привести к ситуации, когда запросы трудно разделить по серверам из-за схожести параметров

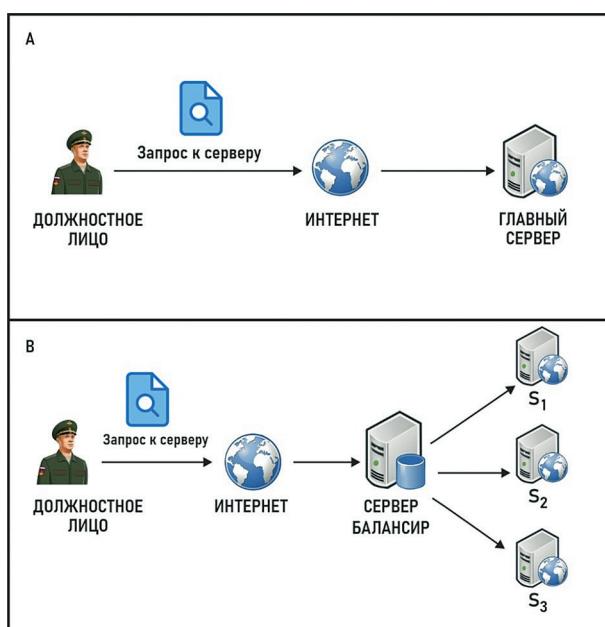


Рис. 5. Обработка запросов пользователей при отсутствии и при наличии сервера балансировки

состояния серверов. В условиях близких значений параметров состояния серверов целесообразным является применение аппарата нечёткой логики, позволяющего учитывать степень принадлежности пользовательского запроса к каждому серверному узлу. Такой подход повышает гибкость принятия решений и устойчивость алгоритма балансировки нагрузки в условиях неопределенности входных данных. [10].

Выводы

Географический разброс и частые перемещения пунктов управления в тактическом звене управления приводят к временным задержкам при обработке запросов от должностных лиц, особенно когда серверы неравномерно загружены, что в свою очередь, снижает оперативность выполнения, а иногда и срыва

поставленных задач в быстро меняющейся обстановке.

Большинство существующих информационных систем используют круговое распределение нагрузки, не учитывая при этом, состояния серверного оборудования.

Алгоритмы балансировки нагрузки серверов позволяют учитывать их взаимное расположение, загруженность и пропускную способность каналов связи.

Применение алгоритмов балансировки нагрузки серверов в тактическом звене управления позволит повысить быстродействие, устойчивость и производительность высоконагруженных клиент-серверных приложений информационных систем, что в свою очередь, приведет к решению должностными лицами поставленных задач в установленные сроки с требуемым качеством.

Литература

1. Иванов В. Г. Теория и практика построения и обеспечения функционирования системы связи специального назначения с учётом технологического развития и опытов вооруженных конфликтов: монография / В. Г. Иванов. – М.: Красная Звезда, 2025. – 303 с.
2. Агеев А. А. Методы балансировки нагрузки в распределённых информационно-вычислительных системах / А. А. Агеев, И. С. Пахомов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – Т. 63, № 6. С. 537–543.
3. Осипова Ю. А., Лавров Д. Н. Применение кластерного анализа методом k-средних для классификации текстов научной направленности / Математические структуры и моделирование 2017. № 3(43). С. 108–121.
4. Иванов В. Г. Основы построения и оценки эффективности функционирования системы связи специального назначения в международном вооруженном конфликте на основе многосферной и конвергентной структуры ее элементов: Монография. – СПб.: ПОЛИТЕХ, 2023. – 298 с.
5. AlKhatib, A. A. Load Balancing Techniques in Software-Defined Cloud Computing: an overview / A. A. AlKhatib, T. Sawalha, S. AlZu'bi. – DOI: 10.1109/SDS49854.2020.9143874 // The Seventh International Conference on Software Defined Systems (Paris, France, 20-23 April 2020). – IEEE, 2020. – Р. 240–244.
6. Курушин М. А. Что такое CDN: принципы работы Content Delivery Network URL: <https://timeweb.cloud/blog/chto-takoe-cdn-principy-raboty-content-delivery-network> (дата обращения: 6.01.2025).
7. Денисов, О. В. Распределение данных в информационной системе с помощью сервера-балансира / О. В. Денисов, Е. О. Викулов // Прикладная математика и фундаментальная информатика. – 2019. – Т. 6, № 4. – С. 46–57.
8. Ермаков Д. С. Оптимизация распределения нагрузки в облачных вычислительных системах на основе методов кластеризации / Д. С. Ермаков, А. Л. Кузнецов // Информационные технологии. – 2021. – № 4. – С. 215–222.
9. Кузнецов А. Л. Интеллектуальное распределение вычислительной нагрузки в облачных системах на основе нейронных сетей и кластерного анализа / А. Л. Кузнецов, Д. С. Ермаков // Информационные технологии. – 2022. – № 6. – С. 321–328.
10. Абрамов А. В. Интеллектуальный алгоритм балансировки нагрузки в распределённых системах на основе нечёткой логики / А. В. Абрамов, Д. А. Сидоров // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2021. – № 7. – С. 11–19..

LOAD DISTRIBUTION IN MILITARY INFORMATION SYSTEMS

Allenov D. S.³, Kurbanov S. N.⁴

Keywords: load balancing, round-robin algorithm, CDN, clustering methods, fuzzy logic apparatus, intelligent technologies.

Abstract

The purpose of the work: on the basis of general theoretical provisions and relevant works, to consider the distribution of the computational load and statistical data on the servers of control points.

Research method: review of works devoted to the issues of load balancing on servers. Analysis of publications on the distribution of data and computing tasks between servers.

Results of the study: the need to take into account such parameters of the state of servers at control centers (CPs) as the load of computing resources, the mutual geographical location of the official (DL) and the server, as well as the bandwidth of communication channels is substantiated.

Practical value: consists in substantiating the expediency of using load balancing on the servers of the information network of the tactical control link for high-quality and timely solution of information and calculation problems..

References

1. Ivanov V. G. Teoriya i praktika postroeniya i obespecheniya funkcionirovaniya sistemy` svyazi special`nogo naznacheniya s uchayotom texnologicheskogo razvitiya i opy`tov vooruzhenny`x konfliktov: monografiya / V. G. Ivanov. – M.: Krasnaya Zvezda, 2025. – 303 s.
2. Ageev A. A. Metody` balansirovki nagruzki v raspredelyonny`x informacionno-vy` chislitel`ny`x sistemax / A. A. Ageev, I. S. Paxomov // Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Priborostroenie. – 2020. – T. 63, № 6. S. 537–543.
3. Osipova Yu. A., Lavrov D. N. Primenenie klasternogo analiza metodom k-srednih dlya klassifikacii tekstov nauchnoj napravленности / Matematicheskie struktury` i modelirovanie 2017. № 3(43). S. 108–121.
4. Ivanov V. G. Osnovy` postroeniya i ocenki e`ffektivnosti funkcionirovaniya sistemy` svyazi special`nogo naznacheniya v mezhdunarodnom vooruzhennom konflikte na osnove mnogosfernoj i konvergentnoj struktury` ee e`lementov: Monografiya. – SPb.: POLITEX, 2023. – 298 s.
5. AlKhatib, A. A. Load Balancing Techniques in Software-Defined Cloud Computing: an overview / A. A. AlKhatib, T. Sawalha, S. AlZubi. – DOI: 10.1109/SDS49854.2020.9143874 // The Seventh International Conference on Software Defined Systems (Paris, France, 20-23 April 2020). - IEEE, 2020. – P. 240–244.
6. Kurushin M. A. Chto takoe CDN: principy` raboty` Content Delivery Network URL: <https://timeweb.cloud/blog/chto-takoe-cdn-principy-raboty-content-delivery-network> (data obrashheniya: 6.01.2025).
7. Denisov, O. V. Raspredelenie danny`x v informacionnoj sisteme s pomoshh`yu servera-balansira / O. V. Denisov, E. O. Vikulov // Prikladnaya matematika i fundamental`naya informatika. – 2019. – T. 6, № 4. – S. 46–57.
8. Ermakov D. S. Optimizaciya raspredeleniya nagruzki v oblachny`x vy` chislitel`ny`x sistemax na osnove metodov klasterizacii / D. S. Ermakov, A. L. Kuzneczov // Informacionny`e texnologii. – 2021. – № 4. – S. 215–222.
9. Kuzneczov A. L. Intellektual`noe raspredelenie vy` chislitel`noj nagruzki v oblachny`x sistemax na osnove nejronny`x setej i klasternogo analiza / A. L. Kuzneczov, D. S. Ermakov // Informacionny`e texnologii. – 2022. – № 6. – S. 321–328.
10. Abramov A. V. Intellektual`ny`j algoritm balansirovki nagruzki v raspredelyonny`x sistemax na osnove nechyotkoj logiki / A. V. Abramov, D. A. Sidorov // Vestnik komp`yuterny`x i informacionny`x texnologij. – 2021. – № 7. – S. 11–19..

3 Denis S. Allenov, Applicant, Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg, Russia. E-mail: allenovdenis@yandex.ru

4 Sergey N. Kurbanov, Lecturer of the Department of Informatics and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Academy of Civil Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after Lieutenant General D. I. Mikhailik, Khimki, Moscow Region, Russia. E-mail: s.kurbanov@agz.50.mchs.gov.ru