

The use of multiple transceivers made it possible to distribute data traffic, configuration traffic, and control traffic over different channels, which made it possible to carry out information exchange at the same time. The protocol stack is minimized. The functionality of the host and the network object is completely separated. The topology of the mobile network is not deterministic, amorphous and changes when the network objects move in space. In this case, some connections are lost and others arise. The routing tables are constantly updated.

The network in accordance with the laid down algorithm, is able to build the necessary topology and organize the necessary connections in order to complete the task with a many objects. The network is capable of building packet retransmission chains for remote network objects. Thus, the wireless network implementation at its low cost allows solving a certain range of tasks. The performer can be either a separate object associated with the operator through a many repeaters.

In order to increase the efficiency of the formation of routing tables and minimize the cluster structures in a wireless network, it is advisable to use optimization algorithms based on set theory. The local wireless network is designed to control an Internet of Things objects, robotic objects and control systems for various technological processes.

wireless network, architecture, protocol, controller, object, network node, cluster

Одержано (Received) 02.12.2020

Прорецензовано (Reviewed) 15.12.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020

УДК 004.8/681.5

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.229-235>

Р.М. Минайленко, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна
e-mail: aron70@ukr.net*

Аналіз алгоритмів планування ресурсами в розподіленому обчислювальному середовищі

В статті проведено аналіз алгоритмів планування ресурсами в розподіленому обчислювальному середовищі. Головним завданням, яке вирішують технології розподілених обчислень є забезпечення доступу до глобально розподілених ресурсів з допомогою спеціальних інструментів. Складність керування глобальними ресурсами обумовлена тим, що доступ до необхідних даних може відбуватись на різних комп'ютерах. Крім того, глобальні розподілені обчислювальні мережі, які формуються із автономних ресурсів, можуть змінювати свою конфігурацію динамічно. Керування ресурсами в неоднорідних розподілених обчислювальних системах потребує пошуку нових моделей обчислення і керування ресурсами.

обчислювальні ресурси, комп'ютер, алгоритми планування, розподілені обчислення

Р.М. Минайленко, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

Анализ алгоритмов планирования ресурсами в распределенной вычислительной среде

В статье проведен анализ алгоритмов планирования ресурсами в распределенной вычислительной среде. Главной задачей, которую решают технологии распределенных вычислений, есть обеспечение доступа к глобально распределенным ресурсам с помощью специальных инструментов. Сложность управления глобальными ресурсами связана с тем, что доступ к необходимым данным может происходить на разных компьютерах. Кроме того, глобальные распределенные вычислительные сети, формирующиеся из автономных ресурсов, могут изменять свою конфигурацию динамически. Управление ресурсами в неоднородных распределенных вычислительных системах требует поиска новых моделей вычислений и управления ресурсами.

вычислительные ресурсы, компьютер, алгоритмы планирования, распределенные вычисления

Постановка проблеми. З розвитком технологій розподілених обчислень з'явилися технічні можливості для вирішення масштабних задач в різних областях науки і техніки на територіально-розподілених ресурсах, які належать різним власникам.

Головним завданням, яке вирішують технології розподілених обчислень є забезпечення доступу до глобально розподілених ресурсів з допомогою спеціальних інструментів. Складність керування глобальними ресурсами обумовлена тим, що доступ до необхідних даних може відбуватись на різних комп'ютерах. Крім того, глобальні розподілені обчислювальні мережі, які формуються із автономних ресурсів, можуть змінювати свою конфігурацію динамічно. На теперішній час існує велика кількість стандартних протоколів керування ресурсами і механізмів вимог завдань до ресурсів. Але на практиці виявилось, що ефективні методи і алгоритми планування для однорідних ізольованих мікропроцесорних систем погано адаптуються для розподілених неоднорідних систем. Керування ресурсами в неоднорідних розподілених обчислювальних системах потребує пошуку нових моделей обчислення і керування ресурсами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі алгоритми планування ресурсами в розподіленому обчислювальному середовищі можна класифікувати за різними ознаками: з огляду на будову алгоритму складових, які приймають участь у плануванні; моделей додатків; обмежень якості обслуговування та інших. Схематично ієрархію класифікації алгоритмів планування загального призначення можна представити у такому вигляді (рис. 1):

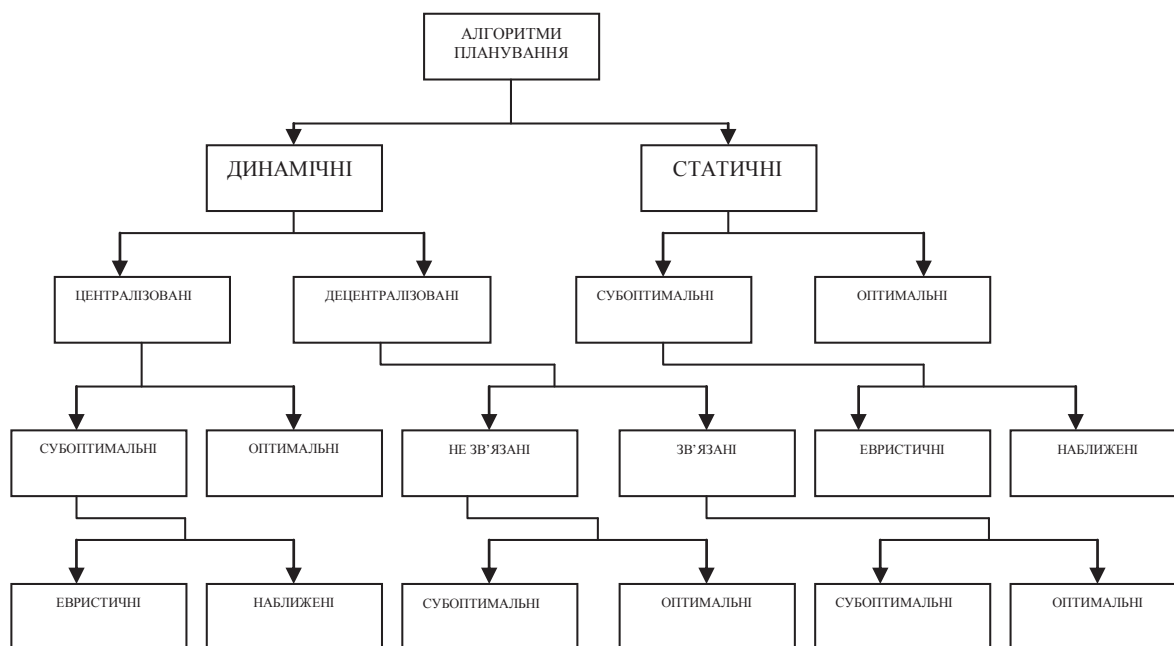


Рисунок 1 – Класифікація алгоритмів планування загального призначення

На верхньому рівні ієрархії класифікація алгоритмів планування загального призначення – статичні та динамічні алгоритми планування ресурсів. Статичне планування та розрахунок вартісного оцінювання обчислень відбувається до виконання завдання, коли інформація відносно всіх ресурсів в розподіленому обчислювальному середовищі є відомою [1–3]. Головною перевагою статичної моделі є відносно не

складна реалізація планувальника. Але вартісна оцінка, яка базується на статичній інформації, погано адаптується до ситуацій, пов'язаних з виходом із ладу одного з обчислювальних вузлів. Тому для вирішення проблеми використовуються механізми перепланування [4].

Динамічне планування частіше всього застосовується тоді, коли потрібно зробити оцінку обчислювальної вартості додатка, що надходить на виконання динамічно в режимі реального часу. Динамічне планування містить в собі два важливих компонента – оцінка стану системи та прийняття рішення про взаємодію завдання із черги з потрібним вибраним ресурсом [5–7].

Алгоритми динамічного планування представлені в роботі [8] присвячені випадку резервування ресурсів, що часто використовується в розподілених обчисленнях, для отримання деякої гарантії стабільності виробничих ресурсів. При використанні динамічних сценаріїв планування відповідальним за прийняття глобальних рішень може бути один централізований планувальник або декілька розподілених. Використання централізованого планувальника має перевагу за рахунок простоти реалізації, але є і недоліки: недостатнє масштабування та невисока відмовостійкість.

Субоптимальні алгоритми планування можна розділити на наближені, які використовують формальні обчислювальні моделі та евристичні алгоритми, які дають більш реальні дані про навантаження системи та виконання завдання.

Розподілені алгоритми планування, в залежності від того як працюють вузли, що використовуються в процесі планування незалежно чи сумісно, розділяють на зв'язні і незв'язні. У випадку незалежного планування локальний планувальник працює автономно і приймає рішення з урахуванням особливостей своїх функцій. У випадку сумісного планування кожен планувальник відповідає за виконання власної частини завдання, але всі планувальники працюють над виконанням спільного завдання[9].

Постановка завдання. Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що на теперішній час реалізація планування ресурсами в розподіленому обчислювальному середовищі потребує пошуку нових підходів і нових алгоритмів. Більшість робіт присвячених методам планування ресурсами в розподіленому обчислювальному середовищі використовуються для вирішення певних завдань, пов'язаних з конкретними галузями використання і тому не можуть бути універсальними.

Метою роботи є проведення аналізу алгоритмів планування ресурсами в розподіленому обчислювальному середовищі з метою пошуку методів і алгоритмів керування ресурсами в проблемно-орієнтованому розподіленому середовищі з урахуванням специфіки окремих завдань та використання можливості паралельного виконання різних завдань.

Виклад основного матеріалу. Під час розробки алгоритмів планування вирішальне значення має визначення чи є залежність між задачами, чи задачі є незалежними[10]. Класифікація алгоритмів планування, яка базується на наявності чи відсутності зв'язку між задачами представлена на рис.2:

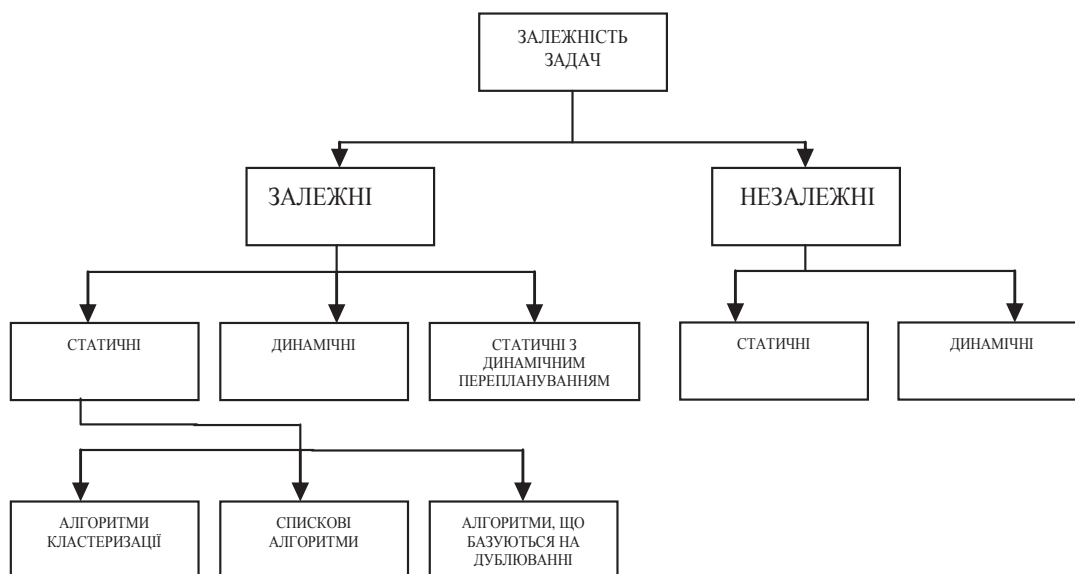


Рисунок 2 – Класифікація алгоритмів планування з залежними і незалежними задачами
Джерело: розроблено автором

Представлені вище алгоритми прогнозують продуктивність для відображення задачі на ресурс. В [11,12] запропоновано алгоритми які не використовують оцінку продуктивності але основані на ідеї дублювання, яку можна реалізувати в розподіленому обчислювальному середовищі де обчислювальні ресурси присутні, але не постійні.

У випадку планування задач, що мають залежності завдання представляються у вигляді орієнтованого ациклічного графа в якому кожна вершина є задачею, а орієнтоване ребро позначає порядок пріоритету між двома вершинами.

Важливою проблемою при плануванні завдань з потоковою структурою є компроміс між використанням максимального паралелізму завдань в задаванні і мінімізації комунікаційних затримок [13]. Для вирішення даної проблеми в обчислювальних системах запропоновано три види алгоритмів: алгоритм списку, алгоритми дублювання та алгоритми кластеризації [14,15].

Планування списком – це клас алгоритмів планування в якому задачам присвоюють пріоритети, задачі вкладають у список, впорядкований по мірі зменшення величини пріоритету. Рішення про вибір задачі для виконання із списку відбувається на основі пріоритету. Класичними прикладами алгоритму списку є HEFT та FCP [14,15].

Алгоритми, що базуються на дублюванні відрізняються стратегіями вибору задач для дублювання. Спочатку алгоритми цієї групи застосовувались для необмеженого числа однакових процесорів, таких як багатопроцесорні системи з розподіленою пам'яттю. Також відрізняються біль складною структурою в порівнянні з попередніми. Наприклад Darbha, TDS та інші [16].

Для застосування в розподіленому середовищі пізніше був запропонований був запропонований алгоритм з назвою “алгоритм планування основою якого є дублювання задач для гетерогенний систем” або TANH [17,18]. На теперішній час алгоритми засновані на дублюванні, в розподіленому обчислювальному середовищі, використовуються виключно для незалежних завдань.

Застосування алгоритмів кластеризації в паралельних і розподілених системах дозволяє зменшити комунікаційну затримку; ідея таких алгоритмів в кластеризації взаємозв'язаних задач в групи для подальшого їх присвоєння певній визначеній групі

ресурсів. Прикладами таких алгоритмів є DSC, CASS-II [19]. Експериментальні дослідження таких алгоритмів приводяться в роботі [20].

Висновки. Проведений аналіз алгоритмів планування ресурсів в розподіленому обчислювальному середовищі показує, що на сьогоднішній день створено велику кількість алгоритмів планування, орієнтованих на використання в розподіленому обчислювальному середовищі. Але часто такі алгоритми не враховують проблемно-орієнтовану специфіку середовища, а це впливає на ефективність планування. В зв'язку з цим перспективним є напрям, пов'язаний з розробкою алгоритмів планування ресурсами в розподіленому обчислювальному середовищі, які б дозволили створити ефективну і дієву систему планування ресурсів.

Список літератури

1. Braun, R. A Comparison of Eleven Static Heuristics for Mapping a Class of Independent Tasks onto Heterogeneous Distributed Computing Systems / R. Braun, H. Siegel et al. // *Parallel and Distributed Computing*. 2001. Vol. 61, No. 6, P. 810–837.
2. Casanova, H. Heuristics for Scheduling Parameter Sweep Applications in Grid Environments / H. Casanova, A. Legrand et al. // *Heterogeneous Computing Workshop (HCW'00): Proceedings of the 9th Workshop (Cancun, Mexico, May 1, 2000)*. IEEE Computer Society, 2000. P. 349–363.
3. You, S.Y. Task Scheduling Algorithm in GRID Considering Heterogeneous Environment / S.Y. You, H.Y. Kim et al. // *Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '04): Proceedings of the International Conference (Nevada, USA, June 21–24, 2004)*. CSREA Press, 2004. Vol. 1. P. 240–245.
4. Cooper, K. New Grid Scheduling and Rescheduling Methods in the GrADS Project / Cooper, A. Dasgupta et al. // *International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'04): Proceedings of the 18th International Symposium (Santa Fe, New Mexico USA, April 26–30, 2004)*. IEEE Computer Society, 2004. P. 199–206.
5. Kurowski, K. Improving Grid Level Throughput Using Job Migration And Rescheduling / K. Kurowski, B. Ludwiczak et al. // *Scientific Programming*. 2004. Vol. 12, No. 4. P. 263–273.
6. Takefusa, A. A Study of Deadline Scheduling for Client-Server Systems on the Computational Grid / A. Takefusa, S. Matsuoka et al. // *High Performance Distributed Computing (HPDC-10): Proceedings of the 10th IEEE International Symposium (San Francisco, California, USA, August 7–9, 2001)*. IEEE Computer Society, 2001. P. 406–415.
7. Chen, H. Distributed Dynamic Scheduling of Composite Tasks on Grid Computing Systems / H. Chen, M. Maheswaran // *International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS 2002): Proceedings of the 16th International Symposium (Fort Lauderdale, FL, USA, April 15–19, 2002)*. IEEE Computer Society, 2002. P. 88–97.
8. Muthuvelu, N. A Dynamic Job Grouping-Based Scheduling for Deploying Applications with Fine-Grained Tasks on Global Grids / N. Muthuvelu, J. Liu et al. // *Grid Computing and e-Research (AusGrid 2005): Proceedings of the 3rd Australasian Workshop (Newcastle, NSW, Australia, January 30 – February 4, 2005)*. Australian Computer Society, 2005. P. 41–48.
9. Shan, H. Scheduling in Heterogeneous Grid Environments: The Effects of Data Migration / H. Shan, L. Olikar et al. // *Advanced Computing and Communication (ADCOM 2004): Proceedings of the 12th IEEE International Conference (Ahmedabad Gujarat, India, December 15–18, 2004)*. IEEE Computer Society, 2004. P. 1–8.
10. Dong, F. Scheduling algorithms for grid computing: State of the art and open problems. Technical Report No. 2006-504 / F. Dong, S.G. Akl, — Queen's University, Canada, 2006.—P. 55.
11. Subramani, V. Distributed Job Scheduling on Computational Grids using Multiple Simultaneous Requests / V. Subramani, R. Kettimuthu et al. // *High Performance Distributed Computing (HPDC 2002): Proceedings of 11th IEEE Symposium (Edinburgh, Scotland, July 23–26, 2002)*. IEEE Computer Society, 2002. P. 359–366.
12. El-Rewini, H. Task Scheduling in Parallel and Distributed Systems / H. El-Rewini, T. Lewis, H. Ali — Prentice Hall, 2010. 290 p.
13. Radulescu, A. On the Complexity of List Scheduling Algorithms for Distributed Memory Systems / A. Radulescu, A.J.C. Gemund // *Supercomputing (SC'99): Proceedings of 13th International Conference (Portland, Oregon, USA, November 13–19, 1999)*. IEEE Computer Society, 1999. P. 68–75.

14. Sakellariou, R. A Low-cost Rescheduling Policy for Efficient Mapping of Workflows on Grid Systems / R. Sakellariou, H. Zhao // *Scientific Programming*. 2017. Vol. 12, No. 4. P. 253–262.
15. Darbha, S. Optimal Scheduling Algorithm for Distributed Memory Machines / S. Darbha, D.P. Agrawal // *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. 1998. Vol. 9, No. 1. P. 87–95.
16. Ranaweera, S. A Task Duplication Based Scheduling Algorithm for Heterogeneous Systems/ S. Ranaweera, D.P. Agrawal // *International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'00): Proceedings of 14TH International Symposium (Cancun, Mexico, May 1–5, 2018)*. IEEE Computer Society, 2005. P. 445–450.
17. Bajaj, R. Improving Scheduling of Tasks in A Heterogeneous Environment / R. Bajaj, D.P. Agrawal // *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. 2004. Vol. 15, No. 2. P. 107–118.
18. Yang, T. DSC: Scheduling Parallel Tasks on an Unbounded Number of Processors / Yang, A. Gerasoulis // *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. 1994. Vol. 5, No. 9. P. 951–967.
19. Liou, J. A Comparison of General Approaches to Multiprocessor Scheduling / J. Liou, M.A. Palis // *International Parallel Processing Symposium (IPPS '97): Proceedings the 11th International Symposium (Geneva, Switzerland, April 1–5, 1997)*. IEEE Computer Society, 1996. P. 152–156.

References

1. Braun, R. A Comparison of Eleven Static Heuristics for Mapping a Class of Independent Tasks onto Heterogeneous Distributed Computing Systems / R. Braun, H. Siegel et al. // *Parallel and Distributed Computing*. 2001. Vol. 61, No. 6, P. 810–837. [in English].
2. Casanova, H. Heuristics for Scheduling Parameter Sweep Applications in Grid Environments / H. Casanova, A. Legrand et al. // *Heterogeneous Computing Workshop (HCW'00): Proceedings of the 9th Workshop (Cancun, Mexico, May 1, 2000)*. IEEE Computer Society, 2000. P. 349–363. [in English].
3. You, S.Y. Task Scheduling Algorithm in GRID Considering Heterogeneous Environment / S.Y. You, H.Y. Kim et al. // *Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA '04): Proceedings of the International Conference (Nevada, USA, June 21–24, 2004)*. CSREA Press, 2004. Vol. 1. P. 240–245. [in English].
4. Cooper, K. New Grid Scheduling and Rescheduling Methods in the GrADS Project / Cooper, A. Dasgupta et al. // *International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'04): Proceedings of the 18th International Symposium (Santa Fe, New Mexico USA, April 26–30, 2004)*. IEEE Computer Society, 2004. P. 199–206. [in English].
5. Kurowski, K. Improving Grid Level Throughput Using Job Migration And Rescheduling / K. Kurowski, B. Ludwiczak et al. // *Scientific Programming*. 2004. Vol. 12, No. 4. P. 263–273. [in English].
6. Takefusa, A. A Study of Deadline Scheduling for Client-Server Systems on the Computational Grid / A. Takefusa, S. Matsuoka et al. // *High Performance Distributed Computing (HPDC-10): Proceedings of the 10th IEEE International Symposium (San Francisco, California, USA, August 7–9, 2001)*. IEEE Computer Society, 2001. P. 406–415. [in English].
7. Chen, H. Distributed Dynamic Scheduling of Composite Tasks on Grid Computing Systems / H. Chen, M. Maheswaran // *International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS 2002): Proceedings of the 16th International Symposium (Fort Lauderdale, FL, USA, April 15-19, 2002)*. IEEE Computer Society, 2002. P. 88–97. [in English].
8. Muthuvelu, N. A Dynamic Job Grouping-Based Scheduling for Deploying Applications with Fine-Grained Tasks on Global Grids / N. Muthuvelu, J. Liu et al. // *Grid Computing and e-Research (AusGrid 2005): Proceedings of the 3rd Australasian Workshop (Newcastle, NSW, Australia, January 30 – February 4, 2005)*. Australian Computer Society, 2005. P. 41–48. [in English].
9. Shan, H. Scheduling in Heterogeneous Grid Environments: The Effects of Data Migration / H. Shan, L. Olikier et al. // *Advanced Computing and Communication (ADCOM 2004): Proceedings of the 12th IEEE International Conference (Ahmedabad Gujarat, India, December 15–18, 2004)*. IEEE Computer Society, 2004. P. 1–8. [in English].
10. Dong, F. Scheduling algorithms for grid computing: State of the art and open problems. Technical Report No. 2006-504 / F. Dong, S.G. Akl, Queen's University, Canada, 2006. P. 55. [in English].
11. Subramani, V. Distributed Job Scheduling on Computational Grids using Multiple Simultaneous Requests / V. Subramani, R. Kettimuthu et al. // *High Performance Distributed Computing (HPDC 2002):*

- Proceedings of 11th IEEE Symposium (Edinburgh, Scotland, July 23–26, 2002). IEEE Computer Society, 2002. P. 359–366. [in English].
12. El-Rewini, H. Task Scheduling in Parallel and Distributed Systems / H. El-Rewini, T. Lewis, H. Ali — Prentice Hall, 2010. 290 p. [in English].
 13. Radulescu, A. On the Complexity of List Scheduling Algorithms for Distributed Memory Systems / A. Radulescu, A.J.C. Gemund // Supercomputing (SC'99): Proceedings of 13th International Conference (Portland, Oregon, USA, November 13–19, 1999). IEEE Computer Society, 1999. P. 68–75. [in English].
 14. Sakellariou, R. A Low-cost Rescheduling Policy for Efficient Mapping of Workflows on Grid Systems / R. Sakellariou, H. Zhao // Scientific Programming. 2017. Vol. 12, No. 4. P. 253–262. [in English].
 15. Darbha, S. Optimal Scheduling Algorithm for Distributed Memory Machines / S. Darbha, D.P. Agrawal // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. 1998. Vol. 9, No. 1. P. 87–95. [in English].
 16. Ranaweera, S. A Task Duplication Based Scheduling Algorithm for Heterogeneous Systems/ S. Ranaweera, D.P. Agrawal // International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'00): Proceedings of 14th International Symposium (Cancun, Mexico, May 1–5, 2018). IEEE Computer Society, 2005. P. 445–450. [in English].
 17. Bajaj, R. Improving Scheduling of Tasks in A Heterogeneous Environment / R. Bajaj, D.P. Agrawal // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. 2004. Vol. 15, No. 2. P. 107–118. [in English].
 18. Yang, T. DSC: Scheduling Parallel Tasks on an Unbounded Number of Processors / Yang, A. Gerasoulis // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. 1994. Vol. 5, No. 9. P. 951–967. [in English].
 19. Liou, J. A Comparison of General Approaches to Multiprocessor Scheduling / J. Liou, M.A. Palis // International Parallel Processing Symposium (IPPS '97): Proceedings the 11th International Symposium (Geneva, Switzerland, April 1–5, 1997). IEEE Computer Society, 1996. P. 152–156. [in English].

Roman Minailenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Analysis of Resource Planning Algorithms in a Distributed Computing Environment

The article analyzes resource scheduling algorithms in a distributed computing environment. The main task that distributed computing technologies solve is providing access to globally distributed resources using special tools. The complexity of managing global resources is due to the fact that access to the necessary data can occur on different computers. In addition, global distributed computing networks formed from autonomous resources can change their configuration dynamically. Resource management in heterogeneous distributed computing systems requires the search for new models of computation and resource management.

Analysis of recent research and publications has shown that currently the implementation of resource planning in a distributed computing environment requires the search for new approaches and new algorithms. Most of the work on resource planning methods in a distributed computing environment is used to solve specific tasks related to specific applications and therefore cannot be universal. The aim of the work is to analyze resource planning algorithms in a distributed computing environment in order to find methods and algorithms for resource management in a problem-oriented distributed environment, taking into account the specifics of individual tasks and use the possibility of parallel execution of different tasks.

The analysis of resource planning algorithms in a distributed computing environment shows that to date, a large number of planning algorithms focused on use in a distributed computing environment. But often such algorithms do not take into account the problem-oriented specifics of the environment, and this affects the efficiency of planning. In this regard, a promising area is related to the development of resource planning algorithms in a distributed computing environment, which would create an efficient and effective resource planning system.

computing resources, computer, scheduling algorithms, distributed computing

Одержано (Received) 29.10.2020

Прорецензовано (Reviewed) 05.11.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020