

processing delays, for example, in video surveillance, which makes the cloud-based approach inefficient.

To solve such problems, the Fog Computing paradigm was previously developed, which introduces additional layers of computing nodes between the cloud and the client device. Using this paradigm, it becomes possible to transfer part of the computation to intermediate layers, which reduces the latency relative to client devices and, accordingly, to obtain data processing results faster at each stage.

Given the growing popularity of this paradigm, researchers have begun to develop specific cases of its application in various fields, creating additional or specialized layers and forming clusters of nodes. In the context of video stream processing, this paradigm can be easily applied - a separate layer of computing nodes is allocated for each processing stage, with hardware characteristics that can effectively perform the designated type of task [1].

The stages of video stream processing in video surveillance include: preprocessing, segmentation, feature extraction, and classification. These stages show that the further the processing is carried out, the more the hardware requirements of the nodes increase, but at the same time, the cardinality of the data decreases - at each stage, the node transmits only the results of its processing and a small part of the original data (for example, key frames). In terms of network capacity, nodes in later stages can receive processing results from more nodes than nodes in the previous stage. Also, it can be noted that nodes from later stages can perform tasks from earlier stages, although this is a less efficient use of resources, as simple tasks are more efficiently distributed to weaker nodes.

These statements lead to the conclusion that the exclusive use of nodes for a specific type of task is inefficient, because in the event of load surges or failures, other nodes may not be able to compensate for the lack of resources due to the conceptual limitations of the system.

New research addresses this situation in the context of the 'service placement problem', where a service is a container or application that can perform one type of task. Several such services can be placed on a node, and processing optimizations include moving services to other nodes to reduce latency, which is reduced to performing tasks on graphs [2].

Given that this approach does not clearly divide nodes into layers, and large systems can have tens of thousands of computing nodes, nodes should be grouped into sets defined by some attribute, i.e., into clusters or 'communities' [3]. At the same time, the efficiency of the system directly depends on the principle by which clusters are created and rebuilt and under what conditions a task is delegated to another cluster.

At the moment, various methods have been used to

solve the problem of cluster formation: from linear programming to Markov chains and genetic algorithms. However, some of the work using these methods takes latency and bandwidth between nodes as the main parameters, expecting that any service can be moved to optimize the architecture. However, this concept is incorrect from a practical point of view, since not every node can perform the service tasks due to its hardware characteristics.

Also, when performing tasks on graphs, it is assumed that the distance matrix has already been built, although in a distributed system, each node may not be aware of all other nodes in the system if there is no SDN or master node to which other nodes are concentrated. On the other hand, their presence is the 'single point of failure' of the system, even if this component can be dynamically redistributed during operation.

Thus, there is a need to develop a method for clustering nodes of a distributed telecommunication system that:

- creates an architecture without a single point of failure and can be initialized from any node;
 - contains an algorithm for scanning the network of computing nodes to find the distance matrix;
- when creating clusters, it seeks to optimize delays in data processing chains, taking into account the sets of tasks that can be effectively performed by the nodes.

References

1. Neto A.R. (2021). Edge-distributed Stream Processing for Video Analytics in Smart City Applications, DOI: 10.13140/RG.2.2.10968.57604.
2. Lera I., Guerrero C., Juiz C. (2019). Availability-Aware Service Placement Policy in Fog Computing Based on Graph Partitions. IEEE Internet of Things Journal, vol.6, no.2, pp.3641-3651. DOI: 10.1109/IIOT.2018.2889511.
3. Skarlat O., Nardelli M., Schulte S. (2017). Optimized IoT service placement in the fog. SOCA 11, pp. 427-443. DOI: 10.1007/s11761-017-0219-8.

УДК: 658.7:656.073(100+477)

К.т.н, доцент Колісник А.В.

Аспірант Шпек Т.В.

РОЛЬ ЛОГІСТИЧНИХ ХАБІВ В СИСТЕМІ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Концепція логістичних хабів на сьогодні стає невід'ємною частиною організації мультимодальних перевезень. Такі транспортні вузли поєднують в собі всі види транспорту для зручності транспортування вантажів декількома видами транспорту. Логістичний хаб — це велика територія, на якій виконується увесь комплекс операцій з обробки вантажів. Деякі логістичні хаби Європи здатні обробляти більше 1 мільйона TEU. Один

логістичний хаб може займати територію площею більше 1 мільйона квадратних метрів. Будівництво великих логістичних центрів — тенденція, що отримала популярність у багатьох країнах світу. Одним з найбільших і найновіших центрів транспортної логістики Європи є [порт DHL у місті Лейпциг](#), який оснащений новітніми інтелектуальними системами, що дають змогу безперебійно організувати процес транспортування вантажу в різні точки світу. В Україні прикладом такого масштабного транспортного вузла є «Сухий порт» в Одесі. «Сухий порт» дає змогу доставляти вантажі з виокремлення декількох видів транспорту — морським, автомобільним і залізничним. На території логістичного центру знаходяться склади для зберігання контейнерів, транзитна площадка, склад тимчасового зберігання, комплекс для оброблення [збірних вантажів](#), та інші приміщення. Поруч знаходиться Одеський порт. На сьогодні актуальним питанням є удосконалення систем управління між такими логістичними центрами з невеликими залізничними термінальними станціями в межах використання залізничного транспорту для безперебійного процесу транспортування вантажів від вантажовідправника до вантажоодержувача в системі мультимодальних перевезень.

Список використаних джерел:

[1] Do users' characteristics really influence the perceived service quality of Multimodal Transportation Hub (MMTH)? An association rules mining approach. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772586323000011>