

classification task. However, a lot of conventional algorithms are acceptable and efficient. Image preprocessing, noise compensation algorithms can be used as one of the steps to solve the object detection problem.

Nowadays artificial intelligence and machine learning areas have made a huge step forward. A lot of difficult problems were solved by deep learning methods and approaches. Neural networks can perform a variety of different tasks and image processing is a major area of interest.

The primary advantage of machine learning algorithms over conventional ones is its flexibility. It was mentioned earlier, in order to adapt a regular algorithm to some variances in input data, engineers have to manually change implementation, while deep learning methods can adjust itself according to the input. So we have the neural network architecture which works well for a slightly different input data[1] without any side modifications. This flexibility greatly simplifies implementation of computer vision algorithms since the amount of corner cases is less and the algorithm itself can find difficult underlying logic in data. Deep learning is a good candidate to solve image object detection and classification problems[2].

Convolutional neural network (CNN) is a separate class of neural networks created for image processing tasks. CNN usually contains numerous layers of connected neurons. Primary goal of CNN is to simulate visual processing of the human brain. This class of neural networks solves problems like object classification, face recognition, detecting anomalies in X-ray and MRI images, etc. CNN automatically extracts important features from image bytes and performs classification based on it. Network defines which features will be extracted depending on input data and the task during the training stage. Usually the first level of CNN[3] collects low-level details of image, like edges and texture, each next layer of the network works with more abstract information.

Object detection and classification are actually two separate tasks. Object detection means finding an object on an image ignoring background. Image classification is a labeling of detected objects with information about what exactly these objects are. So firstly the algorithm detects the object and after it classifies it. Due to the possibility to separate these two steps, there exist two types of object detection and classification algorithms: single shot object detectors and two shot (two stage) object detectors.

Let's take a look at single shot object detection algorithms. These family of algorithms look for objects bounding boxes and classify objects simultaneously, during one pass through image pixels. YOLO and SSD[4] algorithms are the current state-of-the-art single shot object detectors. These algorithms locate objects on

image and classify it. Class of these neural networks is CNN.

In contrast to single shot detectors, two stage algorithms have separate steps to propose possible object bounding boxes and to classify it. Modern implementation of this approach is the R-CNN family of algorithms.

Talking about performance of discussed algorithms, single shot detectors demonstrate better performance, but the price for it is lesser accuracy especially with small objects. According to benchmarks on different image data sets, R-CNN doesn't have enough recognition speed for real time systems. Currently, for real time systems YOLO and SSD are the best options.

As a possible way to improve recognition performance, we should use the fact that real time object detection means video data processing, so data from the previous frame can be used to process the current one. Usage of some lightweight objects tracking algorithm for already found objects instead of finding and classifying it on each frame with a neural network can lead to a huge performance boost. It means that we can run deep algorithms in less time, so we can consider usage of more heavy R-CNN for better accuracy.

## References

1. Lysechko V., Syvolovskyi I., Shevchenko B., Nikitska A., Cherneva G.: Research of modern NoSQL databases to simplify the process of their design. Academic journal: Mechanics Transport Communications, 2023, vol. 21, issue 2, article №2363, ISSN 2367-6620
2. Lysechko V., Zorina O., Sadovnykov B., Cherneva G., Pastushenko V.: Experimental study of optimized face recognition algorithms for resource – constrained. Academic journal: Mechanics Transport Communications, 2023, vol. 21, issue 1, article №2343, ISSN 2367-6620
3. Sharada K., Alghamdi W., Karthika K., Alawadi A. H., Nozima G., Vijayan V., Deep Learning Techniques for Image Recognition and Object Detection, 2023, E3S Web of Conferences 399, 04032 (2023).
4. Feroz A., Sultana M., Hasan R., Sarker A., Chakraborty P., Choudhury T., Object Detection and Classification from a Real-Time Video Using SSD and YOLO Models, 2021, Computational Intelligence in Pattern Recognition

*Syvolovskyi I., Pastushenko V.  
(Ukrainian State University of Railway  
Transport)*

UDC 621.396.2

## ANALYSIS OF EDGE COMPUTING ARCHITECTURES IN DISTRIBUTED TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Modern trends in IT are constantly changing - from computers and smartphones, the focus has smoothly shifted to smart devices. Despite the slowdown in the pace of processor development, they have still reached the point where a unit with low power consumption can perform more complex tasks than just collecting and transmitting data [1]. Therefore, the modern concept of «smart device» has included many other devices, from cameras to light bulbs.

To characterize such systems, the term «Internet of Things» has been introduced, which implies a system consisting of many heterogeneous devices that can use different protocols to communicate with each other, perform different tasks and have varying degrees of autonomy.

This term includes: smart city systems, modern automotive solutions, home and city automation (e.g., traffic), industrial systems, etc.

But, the number of these devices has grown exponentially over the last 10 years: by 2022, there are already about 14.3 billion devices [2]. In each individual system, the number of devices is also measured in millions, which implies the generation of a colossal amount of data at a constant pace.

This creates a problem - traditional system architectures with a dedicated backend may not be able to handle such a data flow. In addition, much of the data in its raw form is not valuable (it cannot be used) and must be further processed [3].

To deal with such tasks, a new paradigm for system design has been introduced: «Edge Computing», in which part of the computation is delegated to intermediate nodes between the Backend (cloud) and the devices, which are called «Edges».

Later, within this paradigm, various architectures and approaches to the design of these systems have been developed, including: «Fog computing», «Dew Computing» and their hybrid sub-varieties.

Although, «Edge Computing» and «Fog Computing» are used synonymously, depending on the nature of the system, its size and the interpretation of these terms, they can differ significantly. But, the most common distinction is that in Fog Computing, nodes are part of the cloud layer, while in Edge, nodes are part of the device layer.

A while after the term was introduced, Cisco, Intel, Microsoft and others organized a consortium for standardization of Fog Computing - OpenFog. One of the results of the collaboration was the architecture of the

same name, which is proposed as a basic architecture for this kind of systems [4].

This standard describes an N-tier architecture that consists of:

- Cloud infrastructure – aggregation of data, transforming it into a specific form for storage and further use.

- Cloud tier nodes – filtering, compression and other types of data transformation and processing. In some cases - analytics.

- Edge tier nodes – data collection from devices, data normalization, device management.

- Client devices.

However, these tiers are not constant; their number depends directly on the system characteristics:

- The number of client devices and their ratio relative to the processing nodes.

- The set of functionalities that each tier of nodes performs.

- The required system availability, security and latency between system tiers.

In the other way, the levels are divided into layers, the number and kind of which also varies with the type of the system.

Thus, despite this attempt to standardize Fog Computing concepts, many of them are of a recommendatory or general nature and are not particularly suitable for specific cases of certain systems, e.g., distributed video surveillance systems. This is why research on developing architectures for Fog Computing systems is still going on.

Currently, many architectures with three layers have already been proposed by different researchers, as well as, with four, five, six, and even seven layers [5].

For a seven-layer architecture, in addition to the standard three layers, there are also separate ones for:

- Layer for system state monitoring in order to efficiently distribute tasks or resources.

- Layer for pre and post processing of data, as well as their analysis.

- Layer for data storage (storage virtualization).

- Layer for allocation (and reduction) of resources depending on the system load and state.

- Layer for data security, in particular, encryption.

While the use of these concepts can solve many problems of the traditional Backend approach, it also creates new ones: data security between tiers, data storage at all tiers except cloud, data transfer methods, achieving system autonomy and offline operation, load balancing, and so on need to be more carefully considered. Thus, the standardization process is still in progress.

## References

1. Lysechko V., Zorina O., Sadovnykov B., Cherneva G., Pastushenko V.: Experimental study of optimized face recognition algorithms for resource – constrained. Academic journal: Mechanics Transport Communications, 2023, vol. 21, issue 1, article №2343, ISSN 2367-6620

2. Sinha S.: State of IoT 2023: Number of connected IoT devices growing 16% to 16.7 billion globally. <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>, accessed: 2023-10-14

3. Lysechko V., Syvolovskyi I., Shevchenko B., Nikitska A., Cherneva G.: Research of modern NoSQL databases to simplify the process of their design. Academic journal: Mechanics Transport Communications, 2023, vol. 21, issue 2, article №2363, ISSN 2367-6620

4. White paper: OpenFog Reference Architecture for Fog Computing. [https://www.iiconsortium.org/pdf/OpenFog\\_Reference\\_Architecture\\_2\\_09\\_17.pdf](https://www.iiconsortium.org/pdf/OpenFog_Reference_Architecture_2_09_17.pdf), accessed: 2023-10-14

5. Naha R.K., Garg S., Georgekopolous D., Jayaraman P.P., Gao L., Xiang Y., Ranjan R.: Fog Computing: Survey of Trends, Architectures, Requirements, and Research Directions, IEEE Access, vol. 6, pp. 47980-48009, 2018.

*Кустов В.Ф., к.т.н. (УкрДУЗТ)*

## **ОСОБЛИВОСТІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ**

Проблема забезпечення електромагнітної сумісності технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів є дуже актуальною з наступних причин:

1) в цих системах, безпосередньо пов'язаних з безпекою руху поїздів, почали використовувати електронні та електронні/програмовані пристрої, у тому числі на базі мікропроцесорних контролерів та ЕОМ, в яких чутливість до електромагнітних завад у мільярди разів менше, ніж в основних і масових елементів традиційних релейних систем залізничної автоматики - електромагнітних реле;

2) електронні елементи мають симетричні відмови, як із-за старіння, так і внаслідок впливів завад, тому вони можуть привести до аварій і катастроф, що підтверджує світовий досвід (в релейних системах це практично виключалося внаслідок використання реле як елемента з великою стійкістю до завад та несиметричними відмовами, при яких виникає тільки захисний стан, тобто внаслідок негативної дії завад в них може виникати

тільки затримка поїзда чи матеріальні збитки від пошкодження сигнального обладнання);

3) вплив електромагнітних завад може призводити до відмов пристроїв і систем, збоїв у програмному забезпеченні, внаслідок чого виникають затримки поїздів, пошкоджується значний обсяг обладнання;

4) вплив потужних електромагнітних завад може впливати на чутливі електронні елементи та суттєво погіршувати їхню імовірність небезпечних відмов без фізичного пошкодження, але з суттєвим перегрівом (підпалом), а у разі використання, наприклад, найбільш поширених способів резервування це погіршення призводить до квадратичної залежності погіршення функційної безпечності. Наприклад, внаслідок впливу грозових перенапружень інтенсивність небезпечних відмов каналів резервування може зменшуватися в тисячі разів, а системи в цілому – у мільйони разів.

З урахуванням цього вимоги щодо електромагнітної сумісності технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів в Україні майже 20 років тому були розроблені під керівництвом автора та викладені у державному стандарті ДСТУ 4151-2003 з датою початку дії 01.01.2004 р. Але, з урахуванням того, що за ці роки змінилися характеристики електромагнітних завад, зокрема з'явилися інші частоти мобільного зв'язку та інші джерела електромагнітних завад, чинність цього нормативного документа скасована з 01.01.2022 та введено в дію з 01.01.2021 р. інший нормативний документ - національний стандарт ДСТУ EN 50121-4:2019, який є ідентичним європейському стандарту EN 50121-4. Цей стандарт застосовують до сигнальної та телекомунікаційної апаратури, яку встановлюють в залізничному середовищі, він установлює норми для емісії завад та несприйнятливості, а також та надає критерії якості функціонування для сигнальної та телекомунікаційної апаратури [2]. На сигнальну та телекомунікаційну апаратуру, яку встановлюють на транспортних засобах поширюється ДСТУ EN 50121-3-2:2016 [3], а на сигнальну та телекомунікаційну апаратуру, яку встановлюють всередині підстанції та під'єднують до обладнання підстанції, поширюється ДСТУ EN 50121-5:2019. Положення цих стандартів використовують разом із загальними положеннями ДСТУ EN 50121-1.

Нормування емісії завад від залізничної системи в довідку регламентується стандартом ДСТУ EN 50121. Стандартизація електромагнітної сумісності для рухомого складу залізниць – згідно з введеним національного стандарту ДСТУ EN 50121-3-1.

До недоліків стандарту ДСТУ EN 50121-4:2019 можна віднести повну відсутність вимог щодо