

DOI: 10.18372/2310-5461.54.16748

УДК 621.396

О. Л. Туровський, д-р техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-4961-0876
e-mail: s19641011@ukr.net;

А. В. Міщенко, д-р техн. наук, проф.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-8376-1777
e-mail: td@airport.kiev.ua;

В. В. Клобуков, канд. техн. наук
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-7486-9695
e-mail: brain37a@gmail.com;

О. В. Кітура
Державний університет телекомунікацій
orcid.org/0000-0001-6950-4803
e-mail: kituraoleg@gmail.com;

К. І. Полонський
Державний університет телекомунікацій
orcid.org/0000-0001-5013-0944
e-mail: k.polonskiy26@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВНА СТРУКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ МЕРЕЖЕЮ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ CARRIER ETHERNET

Вступ

Забезпечення економічного розвитку України безпосередньо пов'язано з ефективним функціонуванням систем та мереж сучасного швидкісного зв'язку, що вимагає розвитку та удосконалення одного з основних ключових елементів таких мереж, а саме транспортної мережі зв'язку (ТМЗ). Особливо це важливо при вирішенні завдань експлуатації та технологічному рівні та оперативного-технічного управління станом такої мережі [1].

Транспортна мережа зв'язку забезпечує перенесення різноманітного трафіку між мережами доступу, що охоплюють магістральні вузли, міжнародні станції передачі даних, канали, що їх з'єднують і національні вузли обробки та передачі даних.

Для управління транспортною мережею зв'язку (ТМЗ) вирішення завдань швидкодії, ефективності та надійності неможливо без створення та розробки ефективної системи управління (СУ) ТМЗ, що дозволяє підтримувати на заданому рівні мережеві ресурси, необхідні надання якісних послуг зв'язку.

Управління мережами зв'язку, що працюють на базі нових технологій, неможливе без модернізації існуючої СУ шляхом розробки модулів мережевого управління, які дозволять реалізувати всі можливості транспортної мережі зв'язку на базі пакетних технологій.

Принцип управління будь-якою мережею зв'язку полягає в взаємодії ключових блоків управління підтримки готовності мережі зв'язку, вироблення процесів управління і керівництво ними під час виконання поставлених завдань [1; 2].

Одним із аспектів досягнення мети управління полягає у забезпеченні використання всіх функцій мереж зв'язку при розв'язанні поставлених завдань. Досягнення цієї мети пов'язане з вирішенням низки завдань, основними з яких є: збирання, обробка та аналіз даних стану мережі; підготовка та прийняття рішень для усунення відмов та несправностей; розробка документів; доведення завдань до виконавців; організація та підтримання взаємодії підсистем; організація управління під час виконання завдань; резервування та контроль роботи підсистем [2].

Основним показником якості функціонування СУ ТМЗ є оперативність прийняття управлінських рішень щодо стану ТМЗ в умовах високої динаміки зміни станів ТМЗ. Серед множини різних факторів, що можуть вплинути на вказану оперативність можемо виділити ряд факторів, пов'язаних з необхідністю формувати велику множину рішень для зміни конфігурацій окремих маршрутів, фрагментів та всієї ТМЗ залежно від стану окремих вузлів при умові узгодження оптимального варіанту з особою, яка приймає рішення, що, по суті є достатньо складним організаційним процесом, пов'язаним з можливістю використання елементів штучного інтелекту [1].

У даний час, при розробці нових принципів та способів управління складними процесами знайшли широке застосування мультиагентні технології – технології розробок і застосування мультиагентних систем — складних систем, що функціонують за допомогою кількох інтелектуальних агентів, процес самоорганізації яких зводиться до узгодженості, упорядкованості, взаємодії агентів між собою [3; 4]. Застосування такого підходу дозволить крім рішення завдання по вибору оптимально варіанту управління по зміні конфігурації маршрутів передачі даних попередньо оцінити тривалість циклу управління, що формується системою а також, через застосування ієрархічного підходу до побудови СУ ТМЗ з застосуванням мультиагентних технологій управляти станом ТМЗ на технологічному та більш високому оперативно-технічному рівні [4; 5].

Очевидно що застосування мультиагентних технологій при розробці СУ ТМЗ дозволять значно підвищити ефективність її функціонування та безпосередньо підвищити показники оперативності прийняття рішень щодо управління потоками даних в умовах швидкої динаміки змін стану окремих мережених елементів ТМЗ.

У свою чергу, етапу створення СУ ТМЗ на основі мультиагентних технологій, а саме мультиагентної системи управління (МАСУ) передують етап розробки структурної схеми вказаної МАСУ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У даний час питанню розробки та вдосконалення СУ ТМЗ та безпосередньо розробкам їх структурних схем присвячено роботи [6; 7; 8; 9].

У роботі [6] обґрунтовано основні принципи застосування мультиагентного підходу для побудови системи управління мережею зв'язку. Але відсутні вимоги та особливості побудови схем управління, що базуються на вказаному підході.

Робота [7] присвячена обрисові агента мультиагентної системи та визначенню підходів до їх

взаємодії. Безпосередньо питання розбудови мультиагентної системи управління в роботі не розглянуті.

Принципи побудови СУ на основі мультиагентних технологій викладені в роботі [8]. Основна увага в роботі зосереджена на локальній взаємодії агентів системи. Структура та побудова системи управління такою взаємодією в роботі не викладена.

Результати вирішення завдання щодо розбудови системи підтримки прийняття рішення, що базується на принципах побудови мультиагентної системи викладені в роботах [9; 10]. Визначена в даних роботах наукове завдання вирішується відносно процесу прийняття рішення на основі мультиагентних технологій. Питання управління вказаним процесом та побудови мультиагентної системи управління в даній роботі не розглянуто.

Постановка завдання

Зростаюче різноманіття типів ТМЗ, збільшення різноманітності їх складових елементів та кількості параметрів, що характеризують стан цих елементів викликає розширення спектру підходів до управління ТМЗ. Особливо це важливо при вирішенні завдань експлуатації та оперативно-технічного управління транспортною мережею зв'язку. Одним з підходів до підвищення ефективності роботи ТМЗ є удосконалення та підвищення ефективності функціонування її СУ. Виходячи з завдання по підвищенню оперативності реагування СУ на зміну станів мережених елементів одним із шляхів підвищення вказаної оперативності є створення СУ на основі мультиагентних технологій з застосування технології CARRIER ETHERNET.

Вирішення вказаного завдання на першому етапі, передбачає розробку структури мультиагентної системи управління транспортними мережами зв'язку.

Метою роботи є розробка перспективної структури мультиагентної системи управління транспортною мережею зв'язку на основі технології CARRIER ETHERNET.

Виклад основного матеріалу

З метою забезпечення високої оперативності функціонування та забезпечення високої якості виконання завдань СУ ТМЗ поділимо на три рівні [4; 11].

1. Рівень організаційного управління — забезпечення опрацювання рішень щодо довгострокового планування управлінням ТМЗ. На цьому рівні необхідна наявність бази даних, завдання якої — забезпечення особи, що приймає рішення, необхідною інформацією про стан СУ ТМЗ в кожен момент часу.

2. Рівень оперативно-технічного управління — забезпечення масиву механізмів управління, вузлів управління і готових управлінських рішень, що об'єднуються в план заходів по реконфігурації ТМЗ. Для цього на вказаному рівні необхідно мати [4, 12]:

- ✓ підсистему контролю, адміністрування та управління;
- ✓ підсистему формування пов'язаних маршрутів;
- ✓ підсистема визначення механізмів управління в складі загального процесу управління;
- ✓ підсистема формування реконфігурації ТМЗ.

3. Технологічний рівень — забезпечення збору експлуатаційних характеристик ТМЗ та їх обробка; автоматичне управління станом технічних засобів ТМЗ; вибір процесу управління, який визначається визначеним на вищому рівні механізмом управління; реалізація плану заходів по реконфігурації ТМЗ. Для виконання вище поданих завдань на технологічному рівні управління необхідно мати підсистему збору інформації, підсистему контролю і управління станом елементів та вузлів ТМЗ, підсистему реалізації плану реконфігурації ТМЗ [13].

Схематично визначені рівні МАСУ та їх взаємозв'язок подано на рис. 1.

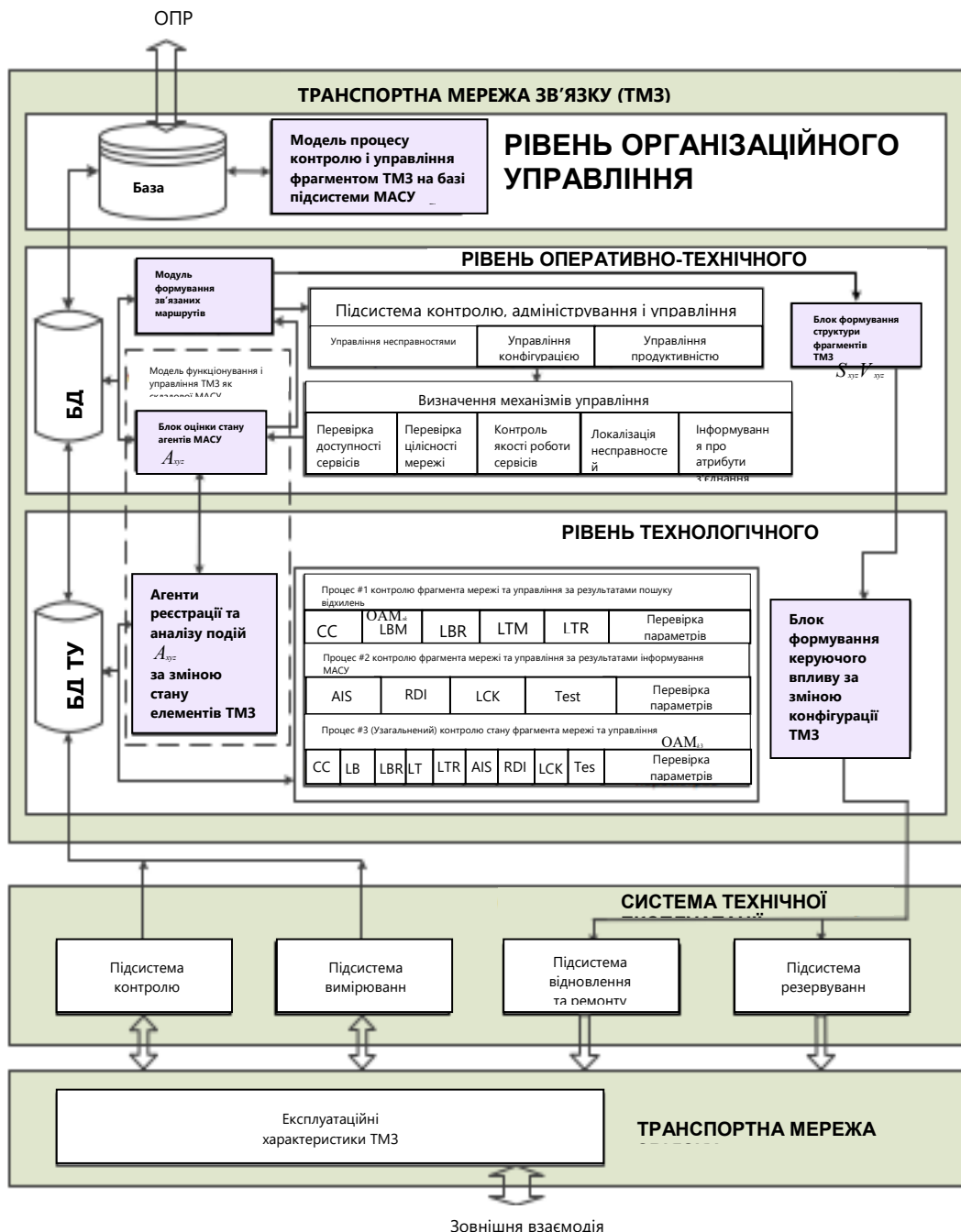


Рис. 1. Концептуальна модель СУ ТМЗ

Створення МАСУ завдяки особливостям та можливостям мультиагентних технологій підвищує самостійність та адаптивність одиниць управління по ходу процесу управління.

Виділимо дві властивості МАСУ, що забезпечують досягнення вище поданих якостей системи. А саме: паралельність процесів контролю, діагностики і управління мережевими елементами на виділених фрагментах ТМЗ; скорочення часу збору даних управління [4,13,14].

Враховання вказаних властивостей вимагає здійснити побудову структури МАСУ в складі наступних функціональних блоків:

– блок збору та обробки даних — виконує функцію управління станом елементів ТМЗ і їх параметрами;

– блок оцінки станів — виконує функцію аналізу отриманих даних;

– блок реконфігурації — виконує функцію формування нових структур ТМЗ в вигляді передбачуваного набору рішень, які забезпечують оптимальність фрагментації ТМЗ.

Запропонований вище перелік функціональних блоків дозволяє побудувати МАСУ, об'єктом управління якої буде ТМЗ, що побудована на основі технологій CARRIER ETHERNET, а в якості агентів МАСУ приймемо інформаційні відображення стану елементів ТМЗ. Їх поведінку необхідно задати алгоритмічно для забезпечення сумісного досягнення цільової функції. Сформована на основі вище заданих властивостей та запропонованих функціональних блоків структура МАСУ подана на рис. 2.

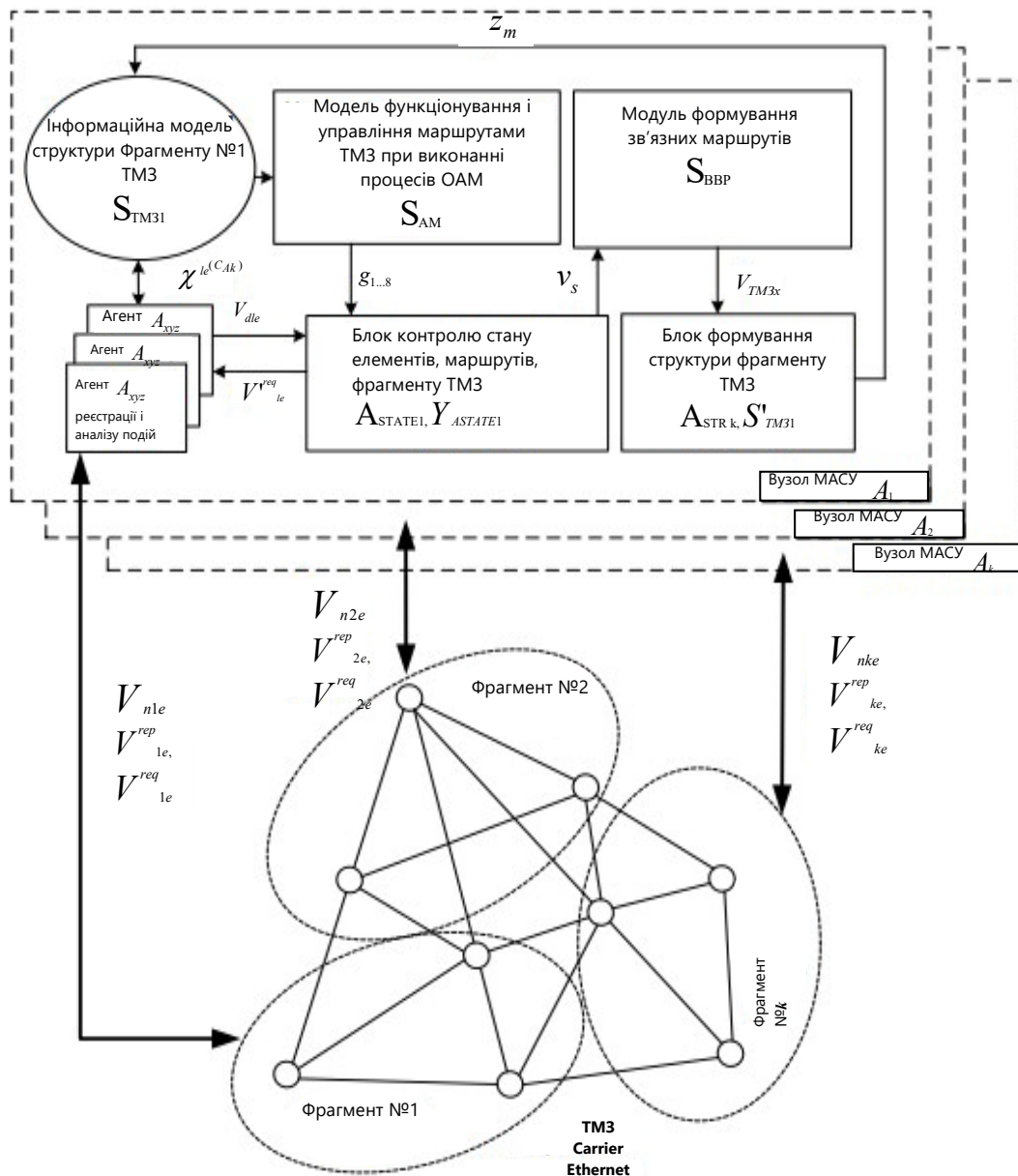


Рис. 2 Структура мультиагентної системи управління транспортною мережею зв'язку Carrier Ethernet

Відповідно до структури, перспективної мультиагентної системи управління, представленій на рис. 2, взаємодія МАСУ і ТМЗ відбувається за допомогою керованих агентів. Ці агенти виконують функції збору даних і взаємодії з елементами ТМЗ (A_{REG}), а також в структурі МАСУ є блоки для збору даних і взаємодії один між одним (A_{STATE} та A_{STR}). Ці дані в подальшому використовуються для формування фрагмента структури ТМЗ при обчисленні цільової функції (ЦФ) мультиагентної спільноти [13; 14].

Актуальною є оцінка величини тривалості циклу управління станом мережевих елементів. Для цього зручно скористатися алгоритмами послідовного оцінювання. Найбільш підходящим з таких видів алгоритмів з точки зору обчислювальної складності, точності і швидкості отриманих результатів є алгоритм Роббінсон-Монро [12; 15].

Висновки

1. Запропоновано розподіл СУ ТМЗ на три рівні, які включають рівень організаційного управління, рівень оперативного-технічного управління та технологічний рівень.

Указаний розподіл створює умови, які забезпечують високу оперативність функціонування та якість виконання завдань СУ ТМЗ.

2. Визначено властивості МАСУ, які забезпечують високу самостійність та адаптивність одиниць управління по ходу процесу управління. До таких властивостей віднесено паралельність процесів контролю, діагностики і управління мережними елементами на виділених фрагментах ТМЗ; скорочення часу збору даних управління

3. Запропоновано структуру перспективної МАСУ ТМЗ, яка включає блок збору та обробки даних, блок оцінки станів, блок реконфігурації.

4. Подано схему перспективної МАСУ, об'єктом управління якої є ТМЗ, що побудована на основі технологій CARRIER ETHERNET а в якості агентів МАСУ прийнято інформаційні відображення стану елементів ТМЗ.

Подальші дослідження

Подальшим напрямком досліджень визначеного в даній роботі наукового завдання є вивчення особливостей процесу взаємодії агента МАСУ і елемента ТМЗ в процесі управління.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Воробієнко П. П., Нікітюк Л. А., Резніченко П. І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник [для вищих навчальних закладів]. К.: САММІТ-Книга, 2010. 708 с.: іл.
- [2] Хращевський Р., Іванець О., Жарова О. Математична модель прийняття рішень на основі багатопараметричного критерію. Наукоємні технології. 2021. №4 (52). С. 365–370. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.52.16383>
- [3] Швець А. В. Мультиагентна система управління транспортними ресурсами. *Сучасні проблеми науки*. Тези доп. XXI Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених (5–9 квіт. 2021 р. Київ.). С. 128–130.
- [4] Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Кузик О. В., Тихий А. А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем: монографія під заг. ред. д. т. н., проф. Ауліна В. В. Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2020. 428 с. ISBN 978-617-7813-27-8.
- [5] Павленко В. М. Мультиагентний підхід при побудові інтелектуальної системи технічного обслуговування і ремонту автомобіля. *Автомобільний транспорт*. 2017. №41. С. 43–48. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-16-23>
- [6] Skobelev P., Paulo Leitão, Stamatis Karnouskos (Ed.). *Multi-Agent Systems for Real Time Adaptive Resource Management*. In *Industrial Agents: Emerging Applications of Software Agents in Industry*. Elsevier, 2015. P. 207–230.
- [7] Gharbi A., Gharsellaoui H. and Ben Ahmed S. Multi-Agent control system. *2014 9th International Conference on Software Engineering and Applications (ICSOFT-EA)*. 2014, pp. 117–124.
- [8] Fei Chen and Wei Ren On the Control of Multi-Agent Systems: A Survey. *Foundations and Trends® in Systems and Control*. 2019. Vol. 6. No. 4, pp. 339–499. <http://dx.doi.org/10.1561/26000000019>.
- [9] Литвин В. В. Мультиагентні системи підтримки прийняття рішень, що базуються на прецедентах та використовують адаптивні онтології. *Радіоелектроніка. Інформатика. Управління*. 2009. № 2 (21). С. 120–126.
- [10] Коноваленко О. С., Брусенцев В. О. Мультиагентні системи управління та підтримки прийняття рішень. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер.: Машинознавство та САПР. 2019. № 1. С. 18–27.
- [11] Системи управління версіями. URL: <http://goo.gl/VBxMa> (дата звернення 15.04.2022).
- [12] Kardas G. Model-driven development of multiagent systems: A survey and evaluation. *The Knowledge Engineering Review*. 2013. Vol. 28. P. 479–503.
- [13] Kravari K., Bassiliades N. A survey of agent platforms. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2015. Vol. 18. P. 11.

- [14] Gilbert N., Hamill L. Agent-Based Modelling in Economics. 1st edition. Wiley Publishing, 2016. 256 p.
- [15] Луцький М., Іванець О., Шавшина В. Інформаційна система оцінювання ймовірності ви-

никнення ризикової події при прийнятті біомедичних рішень. Наукоємні технології. 2022. №1 (53). С. 41–48.

Туровський О. Л., Міщенко А.В., Клобуков В. В., Кітура О. В., Полонський К. І.
ПЕРСПЕКТИВНА СТРУКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ МЕРЕЖЕЮ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ CARRIER ETHERNET

Зростаюче різноманіття типів транспортних мереж зв'язку, збільшення різноманітності їх складових елементів та кількості параметрів, що характеризують стан цих елементів викликає розширення спектру підходів до управління вказаними мережами. Принцип управління будь-якою мережею зв'язку полягає в взаємодії ключових блоків управління підтримки готовності мережі зв'язку, вироблення процесів управління і керівництво ними під час виконання поставлених завдань. В даний час, при розробці нових принципів та способів управління складними процесами знайшли широке застосування мультиагентні технології — технології розробок і застосування мультиагентних систем — складних систем, що функціонують за допомогою кількох інтелектуальних агентів, процес самоорганізації яких зводиться до узгодженості, упорядкованості, взаємодії агентів між собою.

В роботі запропоновано розподіл СУ ТМЗ на три рівня, які включають рівень організаційного управління, рівень оперативно-технічного управління та технологічний рівень. Вказаний розподіл створює умови, які дозволяють використати мультиагентні технології побудови СУ ТМЗ, яка забезпечить високу оперативність функціонування та якість виконання завдань по управлінню ТМЗ. Це забезпечило розробку та представлення в роботі структури та схеми перспективної МАСУ ТМЗ, яка включає блок збору та обробки даних, блок оцінки станів, блок реконфігурації.

Ключові слова: система управління, транспортна мережа зв'язку, мультиагентна система управління

Turovsky O., Mishchenko A., Klobukov V., Kitura O., Polonsky K.
PROSPECTIVE STRUCTURE OF THE MULTIAGENT SYSTEM OF MANAGEMENT OF THE TRANSPORT COMMUNICATION NETWORK BASED ON CARRIER ETHERNET TECHNOLOGY

The growing variety of types of transport networks, increasing the diversity of their constituent elements and the number of parameters that characterize the state of these elements causes an expansion of the range of approaches to the management of these networks. The principle of management of any communication network is the interaction of key control units to maintain the readiness of the communication network, the development of management processes and their management during the tasks. Currently, in the development of new principles and methods of managing complex processes have found widespread use of multi-agent technologies - technology development and application of multi-agent systems - complex systems operating with multiple intelligent agents, the process of self-organization of which is reduced to.

The paper solves the scientific problem of developing a promising structure of a multi-agent system for managing a transport communication network based on carrier ethernet technology.

In order to develop it, the paper proposes the division of CS TCN into three levels, which include the level of organizational management, the level of operational and technical management and technological level.

The level of organizational management is designed to ensure the development of decisions on long-term planning management TCN.

The level of operational and technical management is designed to provide an array of control mechanisms, control units and ready-made management decisions, which are combined into a plan of measures for the reconfiguration of TCN.

The technological level is designed to collect the performance characteristics of TCN and their processing; automatic control of the state of technical means of TCN; the choice of management process, which is determined by the management mechanism defined at the highest level; implementation of the action plan for the reconfiguration of TCN.

This distribution created the conditions that allowed the use of multi-agent technologies in the construction of the structure presented in the article.

Keywords: control system, transport communication network, multi-agent control system

Стаття надійшла до редакції 10.05.2022 р.
Прийнято до друку 15.06.2022 р.