

УДК 004

В.Літер, магістр гр. КІ-23Мз

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ CISCO DIGITAL CEILING

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling. Об'єктом дослідження є процес керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling. Методи дослідження базуються на методах теорії комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Cisco Digital Ceiling, запущений компанією Cisco, об'єднує багато мереж у будівлі, зокрема освітлення, опалення, охолодження та відео, в одну мережеву платформу. Тобто за фактом Cisco Digital Ceiling реалізує Інтернет речей (IoT), а точніше у даній роботі проект розумного будинку. Цифрова трансформація спричинить серйозні зміни способів побудови ІТ-систем і споживання ІТ-сервісів. Так, Cisco готує нові стеки ІТ-рішень, оптимізовані під контейнери й мікросервіси.

Інтернет речей (IoT) і цифрова трансформація стали головними темами минулі в середині лютого в Берліні форуму CiscoLive 2024 – найбільшого заходу за межами США за всю історію компанії, що відвідали близько 12 тис. чоловік. По оцінці Cisco, за останні два роки число стартапів, що працюють над рішеннями IoT, виросло на порядок – з 127 компаній в 2022 році до 1502 в 2023-м, а венчурні інвестиції в цю область торік склали майже 2 млрд доларів. За той же період число встановлених датчиків і сенсорів збільшилося приблизно в п'ять разів – до 54,7 млрд, а для взаємодії з ними задіється 18,2 млрд мережних підключень.

Поняття «Інтернет речей» і «цифровізація», звичайно, не є синонімами, але часто використовуються у зв'язуванні: IoT формує технологічну платформу для нових додатків, які «оцифровують» бізнес, відкриваючи двері для нових можливостей і бізнес-моделей. При цьому відношення до терміна IoT далеко не однозначне. Якщо технічним фахівцям поняття «цифровізація» знайомо давно, то кардинальна зміна відносно компаній до цифровізації відбулося відносно недавно, коли про неї заговорили представники самих різних галузей: автовиробники, лікарі, учителі й т.д.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.
- Дослідження системи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.

– Програмна реалізація системи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.

Об'єктом дослідження є процес керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.

Предметом дослідження є методи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.

Методи дослідження базуються на методах теорії комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Cisco Digital Ceiling, яка має на меті об'єднати багато мереж у будівлі, не працювала б без партнерів-постачальників роз'ємів і кабелів.

Оскільки як підключення, так і кабельні рішення відіграють таку важливу роль у мережах, Cisco співпрацює з кількома постачальниками рішень, включаючи Siemon і Molex, обидва з яких виробляють з'єднувальні та кабельні технології, які можна використовувати в інсталяціях Digital Ceiling.

Digital Ceiling спрямований на об'єднання раніше розрізнених будівельних систем і послуг в єдину мережу Інтернет-протоколу. За словами Cisco, завдяки об'єднанню систем, а також датчиків і виконавчих механізмів на одній платформі рішення покращує ефективність і стійкість будівлі та дозволяє власникам будинків ефективніше керувати ними та контролювати їх. Мешканці будівель можуть використовувати платформу для керування системами освітлення, опалення та охолодження, де вони живуть, незалежно від того, чи це кімната чи квартира в будівлі.

Розглянемо сценарій на робочому місці, де збирання денного світла, автоматичне керування затемненням і освітлення на основі присутності заощаджують енергію та зменшують витрати. Уявіть собі середовище роздрібної торгівлі, де аналітика трафіку Digital Ceiling використовується для покращення макетів магазинів, розміщення товарів, розподілу персоналу та безпеки.

За даними Cisco, у середовищі роздрібної торгівлі вдосконалення освітлення та вивісок може призвести до збільшення доходу від продажів приблизно на сотні доларів за квадратний метр.

Рішення також забезпечує економію енергії власникам будівель. Digital Ceiling може адаптувати освітлення до реальних потреб користувачів, що може призвести до потенційної економії енергії в розмірі 1,08 доларів на квадратний метр на рік у комерційних приміщеннях.

Ключовою частиною Digital Ceiling є системи та пристрої, які живляться від мережевих комутаторів за допомогою Power-over-Ethernet (PoE), включаючи світлодіодні світильники з живленням PoE і датчиками, які можуть допомогти знизити витрати на електроенергію до 85%. (Power-over-Ethernet дозволяє мережевим кабелям передавати електроенергію.)

Cisco назвала Siemon партнером Digital Ceiling для свого рішення ConvergeIT Cabling Solution, яке підтримує системи з підтримкою Power-over-Ethernet. Структурована кабельна система об'єднує дані, голос, відео та системи низької напруги в будівлі в єдиній уніфікованій фізичній інфраструктурі, що забезпечує економію коштів і стабільність протягом усього терміну служби об'єкта. Siemon довгий час був експертом і прихильником інтегрованих систем через єдине уніфіковане кабельне рішення, яке поєднує живлення та контроль будівельних пристроїв і освітлення для скорочення витрат, економії енергії та покращення загального контролю, управління та безпеки будівлі.

Molex, ще один партнер Digital Ceiling, пропонує портфоліо кабелів, датчиків, шлюзів PoE та освітлювальних приладів, які можна використовувати в рамках реалізації Digital Ceiling. До них відноситься система світлодіодного освітлення Molex Transcend Network Connected, яка використовує структурований IP-кабель або бездротове підключення.

Система світлодіодного освітлення, підключена до мережі, пропонує набагато більше, ніж нові світильники. Інтегровані мережеві рішення, такі як система Transcend, – це повні

системи управління світлодіодним освітленням, які можна відстежувати та контролювати для різних будівельних середовищ за допомогою даних датчиків».

У міру розробки нових світлодіодних рішень архітектори, дизайнери освітлення, забудовники та власники отримують доступ до технології, яка значно зменшує складність і є менш дорогою для встановлення та розгортання, ніж традиційні світлодіодні продукти змінного струму.

Крім того, підключені світлодіодні системи пропонують таке ж або більше зниження енергії, ніж світлодіодні продукти змінного струму.

Водночас, Siemon рекомендує дизайн зонної кабельної розводки для Digital Ceiling і пропонує вказівки та рішення для реалізації цього підходу. Зональна кабельна розводка складається з горизонтальних кабелів, що проходять від комутаторів Cisco UPOE у телекомунікаційних приміщеннях до проміжних точок з'єднання, розташованих в одному з корпусів зональних блоків Siemon, розташованих у стелі. З корпусів зональних блоків світлодіодні світильники та пристрої підключаються за допомогою коротших з'єднань, які прості в управлінні.

Це підтримує швидшу реорганізацію пристроїв з меншими збоями, що особливо важливо, враховуючи величезну кількість світлодіодних ліхтарів і IP-пристроїв, які можуть проникати в стелю приміщення.

З зональним кабелем зміни обмежуються коротшим сегментом кабелю між пристроєм і корпусом зонного блоку, а не всією довжиною горизонтального кабелю від комутатора в телекомунікаційній кімнаті.

Метод кабелю також спрощує розгортання нових пристроїв у програмі Digital Ceiling, вимагаючи лише короткого підключення до корпусу зонного блоку.

Перед Інтернетом речей стоїть ряд проблем, які можуть перешкодити нам скористатися його потенційними перевагами. Постійні повідомлення про злом підключених до Інтернету пристроїв, проблеми ведення спостереження й побоювання відносно особистої конфіденційності вже привернули увагу громадськості. На справжній момент технічні питання продовжують залишатися невирішеними, а також виникають нові складності в області політики, законодавства й подальшого розвитку.

Даний документ покликаний посприяти членам Internet Society речей у підтримці діалогу по цьому питанню з урахуванням різних прогнозів у відношенні його потенційних небезпек і переваг. Інтернет речей торкає ряд складних питань із різних областей. Основні передумови для вивчення можливостей і проблем IoT:

- Визначення IoT: Термін «Інтернет речей» звичайно ставиться до тих сценаріям, коли підключенням до мережі й обчислювальними функціями оснащуються предмети, датчики й інші предмети повсякденного життя, що звичайно не читаються комп'ютерами, завдяки чому ці пристрої можуть генерувати й використовувати дані й обмінюватися ними при мінімальній участі людини. Проте, єдиного й універсального визначення не існує.

- Підтримуючі технології: Концепція об'єднання комп'ютерів, датчиків і мереж для моніторингу й керування пристроями існує вже кілька десятиліть. Проте, недавнє злиття декількох тенденцій на ринку технологій наблизило Інтернет речей до повсякденної реальності. У число цих тенденцій входять Доступ з будь-якої крапки, Широке поширення мереж на основі протоколу IP, Економічні тенденції в області обчислювальних систем, Мініатюризація, Досягнення в області аналізу даних, а також Розвиток хмарних обчислень.

- Моделі підключення: Для впровадження IoT використовуються різні технічні моделі забезпечення зв'язку, кожна з яких має свої власні характеристики. Чотири загальних моделі забезпечення зв'язку, описані комісією з архітектури Інтернет: від пристрою до пристрою, від пристрою до хмари, від пристрою до шлюзу й спільне використання даних на сервері. Ці моделі демонструють гнучкість можливостей підключення й використання пристроїв IoT.

- Потенціал для трансформації: Якщо тенденції й плани у відношенні IoT знайдуть своє втілення в реальності, це може привести до зміни поглядів на потенційні наслідки й

проблеми у світі, де найчастіше взаємодія з Інтернетом є результатом пасивного контакту з підключеними об'єктами, а не активного контакту із умістом. Потенційне досягнення цього результату – «гіперпідключеного миру» – є проявом універсальності застосування архітектури Інтернету, що не обмежує область додатків або послуг, для яких може застосовуватися дана технологія.

Що стосується ІТ-інфраструктури ЦОДів, де «живуть» хмари, вона перебуває на порозі істотних змін. Традиційні рішення на базі віртуалізації будуть поступово поступатися місцем рішенням, орієнтованим на використання контейнерів і мікросервісів, які більше ефективні для великої кількості завдань, у тому числі по аналізі даних. Відповідно, з'являться нові ІТ-стеки, адаптовані під контейнери й мікросервіси. При цьому контейнеризовані додатки зможуть працювати безпосередньо поверх апаратного рівня без проміжного шару у вигляді гіпервізора.

Директор по продажах підрозділу по рішеннях для ЦОДів і EMEAR, по суті, всі елементи нового інфраструктурного стека, що оптимізована для підтримки контейнерів, уже є в наявності. Наприклад, у частині мережних рішень засновані на архітектурі SDN продукти Cisco, включаючи контролер APIC, відмінно підходять для середовищ, що використовують контейнери й мікросервіси. Сервери Cisco UCS також готові до роботи в нових середовищах, а необхідні продукти в області засобів зберігання пропонуються партнерами компанії. Головне завдання – «склеїти» ці елементи в єдине рішення, у тому числі з використанням засобів оркестрації. Відповідні роботи в цей момент ведуться.

Імовірно, мова може йти про новий клас інтегрованих ІТ-рішень – гіперконвергентних системах. Однак на CiscoLive керівники Cisco обмежилися загальними словами про великі перспективи таких систем, пообіцявши голосні анонси найближчим часом. Проте на виставці в рамках форуму гіперконвергентні рішення були представлені – зокрема, компанія SimpliVity продемонструвала рішення з використанням власних розробок, які були включені до складу платформи Cisco UCS.

Разом зі стрімким збільшенням числа підключених пристроїв і проникненням IoT в усі нові області ростуть і вимоги до безпеки. Більше того, як вважають в Cisco, саме забезпечення безпеки – ключова умова цифровізації бізнесу. Відповідно до проведеного компанією дослідження, близько 60% організацій не готові до розгортання цифрових продуктів і сервісів саме через високий ризик, пов'язаного з несанкціонованим одержанням інформації або доступом до ІТ-систем. При цьому практично всі опитані (96%) зв'язують успіх впровадження підключених пристроїв і використання нових бізнес-моделей із забезпеченням безпеки. Cisco пропонує комплексне рішення завдань безпеки з уніфікованим керуванням на основі інтегрованої архітектури, що охоплює мережа, хмари й кінцеві крапки. Однією з новинок, представлених на CiscoLive 2024, став міжмережний екран нового покоління Firepower 4100 Series. Головною перевагою цього високопродуктивного пристрою (продуктивність до 80 Гбіт/с) з інтерфейсами 10G і 40G, виконаного в конструктиві висотою 1RU, є саме реалізація заявленого інтегрованого підходу з підтримкою великої кількості сервісів безпеки. Зокрема, у цьому міжмережному екрані реалізований захист від вторгнень нового покоління (NGIPS), контроль додатків, фільтрація трафіку по URL, захист від розподілених атак DDo (Radware DefensePro DDo) і шкідливих програм (Advanced Malware Protection, AMP). Керування всім цим багатим функціоналом здійснюється через єдиний уніфікований інтерфейс. Поява подібного рішення, безумовно, повинна порадувати замовників, які вже утомилися від необхідності накопичення великого числа «коробка», кожна зі своєю системою керування.

Розробка структурної схеми

Якщо ІТ-інфраструктура, включаючи рішення по безпеці, – традиційна для Cisco область, де компанія завжди була сильна, то зараз вона прагне зайняти лідируючі позиції й в області платформ, у першу чергу хмарних, для розробки й запуску нових додатків. У цілому Cisco націлена на надання не окремих продуктів, а готових рішень, які просто впроваджувати й використовувати. Для цього розгорнута масштабна партнерська програма DevNet, що

нараховує вже близько 370 тис. учасників. Прекрасно розуміючи, що, для того щоб встигнути за інноваціями, своїх сил явно недостатньо, Cisco активно залучає сторонні таланти. Із цією метою організуються центри інновацій, подібні тому, що організовано в Берліні – openBerlin. У ньому є все необхідне для технічної творчості – від гарного кава до потужної IT-інфраструктури (у розгорнутому поруч контейнерному ЦОДі). Причому обстановка в центрі неформальна. Сам будинок центра, хоча і є досить старим, завдяки зусиллям Cisco і її партнерів перетворене в інтелектуальне – зокрема, у ньому розгорнута «розумна» система освітлення, регульована із планшетного комп'ютера.

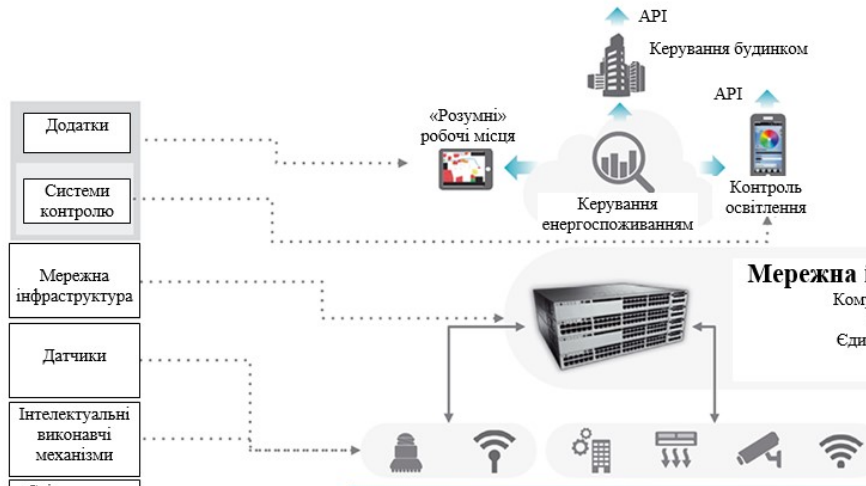


Рисунок 1 – Структурна схема системи

Але якщо в офісі openBerlin для подачі електроживлення до світлодіодних світильників використовується класична силова проводка, то для анонсованого на форумі CiscoLive рішення Digital Ceiling така проводка вже не потрібна: електроживлення подається за допомогою технології PoS по тій же мережі Ethernet, по якій здійснюється збір даних. Як відзначають експерти Cisco, система Digital Ceiling відкриває можливість конвергенції інженерних систем будинку, включаючи освітлення, опалення, охолодження, безпеку й т.д. Зокрема, рівень потужності будь-якого світильника може автоматично регулюватися залежно від присутності або відсутності в кімнаті людей, рівня зовнішньої освітленості (з вулиці) і т.д. Дані, що збираються датчиками, можуть використовуватися для налаштування параметрів систем опалення, кондиціювання й вентиляції, у роботі систем безпеки й т.д. Результат – зниження витрат при одночасному підвищенні рівня комфорту й безпеки для людей.

Проект Digital Ceiling уже залучив 15 партнерів, і їхнє число продовжує рости. У нього входять, зокрема, такі найвідоміші у своїх областях компанії, як Philips (системи освітлення), Eaton (системи електроживлення), Johnson Controls (засоби автоматизації будинків). У цілому перехід на світлодіодне освітлення дозволяє скоротити витрати на 40%, а при використанні інтелектуальної системи керування – на 70–80%. Як приклад він привів проект, реалізований у штаб-квартирі компанії Alliander, оператора мереж подачі електрики й газу в Голландії. У цьому офісі на площі приблизно 4000 м² встановлено близько 2200 LED-світильників, підключених до мережі Ethernet на базі встаткування Cisco. Поруч із кожним світильником розташовані датчики, які дозволяють, зокрема, визначати число людей у даній кімнаті. Кожний користувач має можливість зі свого смартфона відслідковувати рівень освітленості й регулювати його. Експлуатаційні служби будинку одержують точну статистику про наявність людей у всіх приміщеннях будинку, що дозволяє більш ефективно використовувати наявні площі. Загальне скорочення витрат на електрику в даному проекті склало близько 70%.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.
- Досліджена система керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання керування інфраструктурою на основі Cisco Digital Ceiling. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.
2. Kuznetsov, O., Kuznetsova, Y., Smirnov, O., Kostenko, O., Zvieriev, V. «Evaluating Hashing Algorithms in the Age of ASIC Resistance». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 93-105.
3. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchey, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.
4. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.
5. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». *CEUR Workshop Proceedings Volume 3156*, 2022, Pages 390-399.
6. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.
7. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
8. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.
9. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.
10. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.
11. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings Volume 2616*, 2020, Pages 125-136.
12. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings Volume 2616*, 2020, Pages 366-379.
13. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings Volume 2608*, 2020, Pages 633-645.
14. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.
15. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». *International Journal of Computing*; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
16. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference

- Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.
17. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.
 18. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 90-106, 2019.
 19. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.
 20. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.
 21. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.
 22. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019, Pages 618-629.
 23. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», Telecommunications and Radio Engineering. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.
 24. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко А.С., Смірнов С.А., Буравченко К.О. «Дослідження вимог міжнародних стандартів IEC60880 та IEC62138 з розробки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Системи управління, навігації та зв'язку, 2023, вип. 3(73), С. 155-166.
 25. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувацького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». Сучасні інформаційні системи, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
 26. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». Проблеми інформатизації та управління, № 2(70). 2022. С. 28-37.