

УДК 004

Д.Сенічкін, магістр гр. КН-22М-1

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПЕРЕШКОДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У ХМАРІ

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі. Об'єктом дослідження є процес перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі. Предметом дослідження є методи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі. Методи дослідження базуються на методах теорії кодування, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

**Постановка проблеми.** Хмарна передача даних – це процес переміщення даних у хмарне обчислювальне середовище та з нього. Існують різні потреби, які задовольняють хмарні передачі: один тип хмарної передачі даних бере дані з локального локального центру обробки даних і переносить їх у хмару. Інший тип передачі переміщує дані з однієї хмарної платформи на іншу. Третя бере дані з хмарної платформи та переносить їх у локальний центр обробки даних.

Основна перевага хмарних рішень для зберігання даних полягає в розміщенні даних у найефективніший спосіб. Зазвичай організації обирають використання хмарних служб для передачі даних або зберігання та доступу до них, виходячи з вартості, продуктивності та безпеки. Загалом, хмарне сховище забезпечує більшу еластичність, самообслуговування та резервування, що робить його чудовим вибором для організацій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-20] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі.

**Мета й завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі.

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

- Огляд існуючих систем перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі.
- Дослідження системи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі.
- Програмна реалізація системи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі.

*Об'єктом дослідження* є процес перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі.

*Предметом дослідження* є методи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі.

*Методи дослідження* базуються на методах теорії кодування, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

**Виклад основного матеріалу.** Однією з проблем, з якою стикаються організації під час хмарної міграції, є концепція тяжіння даних. Гравітація, у цьому контексті, – це ідея про

те, що зі збільшенням розміру даних до них буде притягнуто більше програм і послуг. Оскільки організації потрібно більше даних, їй знадобиться більше структури для їх розміщення, а потім більше даних і так далі. Зрештою, чим більше даних, тим більше людина «застрягає» з постачальником.

#### **Переваги хмарного сховища**

– Хмара є одним із найбільш економічно ефективних методів, які може використовувати організація.

– Зі збільшенням пропускної здатності мережі зростає і швидкість, з якою дані передаються в хмару. Цей елемент особливо важливий для віддаленої робочої сили, що дає будь-якій організації можливість ефективно та ефективно передавати дані з будь-якої точки світу, не створюючи вузьких місць передачі даних.

– Сховище C Loud забезпечує підвищення гнучкості, зниження витрат і надійнішу безпеку.

#### **Недоліки хмарного сховища**

– Проблема хмарного сховища полягає в тому, щоб знайти обхідний засіб, який допоможе підключити ваш традиційний сервер і перемістити дані в хмарне середовище; наприклад, ваш відер S3 b.

– Швидкий доступ до даних неможливий без швидкого підключення до Інтернету та / або додаткової реалізації швидкої передачі файлів.

Ключ до вирішення основної проблеми хмарного сховища даних полягає в максимізації швидкості завантаження та завантаження без створення вузьких місць передачі даних, які впливають на використання вашого хмарного сховища.

#### **3 основні міркування щодо передачі даних у хмару**

Все більше організацій починають зберігати свої дані в хмарі, а не лише на локальних серверах. Але як вони переміщують дані у свої хмарні програми, використовують їх і переносять із хмари? Працюючи з хмарними програмами, важливо враховувати практичні аспекти передачі даних у хмарі, зокрема:

– Як ви будете переміщувати ці дані в хмару та з неї.

– Як ви отримаєте доступ до нього після перенесення в хмару.

– Що робити, якщо ви працюєте з такими обмеженнями, як великі набори даних, вимоги щодо короткого часу доступу або віддалені джерела та призначення.

Якщо останні сценарії схожі на вашу організацію, FileCatalyst може бути ефективним інструментом для ваших вимог до хмарної передачі даних.

FileCatalyst – це швидке рішення для передачі файлів, яке інтегрується з кількома найпопулярнішими рішеннями для зберігання об'єктів, щоб забезпечити вам гнучкість у підході. Використання програмного забезпечення для прискорення файлів для передачі хмарних даних допоможе організаціям вивчити труднощі, з якими вони зіткнуться, і способи їх подолання.

Хмарні програмні рішення масово впроваджуються, головним чином у галузях, які покладаються на швидкий доступ до даних, таких як медіа, телемовлення та розваги. У той час як у галузях із суворими вимогами дотримання вимог і безпеки, як-от банківська справа та охорона здоров'я, ці рішення були прийняті нещодавно. FileCatalyst допомагає організаціям будь-якого типу з їхніми робочими процесами, дозволяючи користувачам швидко переміщувати, редагувати та надсилати дані зацікавленим сторонам.

#### **Прискорення руху відеоресурсів для ЗМІ та розваг**

У випадку медіа-індустрії передача відеовмісту через хмару розширена можливостями FileCatalyst. Монтажні студії можуть переміщувати відеоресурси в хмару для редагування, нотування та зберігання, зокрема в основних програмах для редагування відео, таких як Avid і Object Matrix. Крім того, високопродуктивне обчислення FileCatalyst може зберігати зображення високої роздільної здатності, які потрібно проаналізувати або відредагувати в хмарі.

### **Чи безпечна передача та зберігання даних у хмарі?**

Безпека ваших даних є надзвичайно важливою, а безпека передачі та зберігання даних у хмарі настільки ж надійна, наскільки безпечні інструменти, які ви використовуєте.

Додаткові переваги передача та зберігання даних у хмарі:

– Прискорена глобальна доставка: організації можуть доставляти медіафайли високої роздільної здатності на швидкості до 10 Гбіт/с. Загалом це скорочує виробничі цикли та робочі процеси.

– Повний контроль пропускну здатності: навіть за поганих умов мережі організації можуть регулювати передачу за важливістю та уникати збоїв у мережі.

– Економія часу та грошей: за допомогою рішень можна уникнути всіх зависань, пов'язаних із передачею фізичних медіа.

– Передача зростаючих файлів: файли можна передавати під час їх кодування, щоб покращити зручність використання та якість швидкості передачі.

– Незрівнянна безпека: організації можуть забезпечити конфіденційність передачі файлів за допомогою галузевих стандартних сертифікатів шифрування, таких як AES і SSL.

– Попередній перегляд із низькою роздільною здатністю: у рішеннях організації можуть переглядати попередні перегляди з низькою роздільною здатністю, щоб переконатися, що вони отримали доступ до потрібного вмісту.

### **Протокол Noiseless Channel.**

У сучасному швидкому цифровому світі ефективність і надійність комунікаційних мереж мають вирішальне значення як для компаній, так і для окремих осіб. Одним з важливих аспектів цих мереж є безшумний каналний протокол, набір правил, які регулюють передачу даних між пристроями з мінімальними перервами чи помилками.

Цей протокол відіграє важливу роль у забезпеченні безперебійного зв'язку шляхом мінімізації втрачених або пошкоджених кадрів під час передачі. У цій статті ми детально розглянемо, що таке безшумні протоколи каналів, чим вони відрізняються від шумних каналів, їхнє значення для покращення продуктивності систем зв'язку тощо.

Ключові висновки:

– Noiseless Channel Protocol забезпечує ідеальну передачу даних без втрати або пошкодження кадрів, покращуючи продуктивність мережі зв'язку.

– Впровадження заходів контролю помилок і резервування в безшумних каналах додатково підвищує ефективність і надійність передачі даних.

– Шумні канали зазнають перешкод і створюють проблеми для надійної передачі даних, але такі протоколи, як Алгоритм вибіркового повторення, можуть пом'якшити їх вплив.

– Безшумні каналні протоколи забезпечують підвищену безпеку конфіденційної інформації за допомогою вдосконалених методів криптографії, які шифрують передані дані, ускладнюючи доступ неавторизованих сторін.

### **Розуміння визначення та властивостей безшумного каналу**

Безшумні канали визначаються як ідеальні канали зв'язку, які забезпечують ідеальну передачу даних без втрачених або пошкоджених кадрів, уможливаючи впровадження протоколів контролю помилок для подальшого підвищення їх надійності.

### **Ідеальний зв'язок без втрачених або пошкоджених кадрів**

У сфері комунікаційних мереж досягнення ідеального зв'язку без втрачених або пошкоджених кадрів є важливим для ефективною та надійною передачі даних. Безшумні каналні протоколи мають на меті забезпечити цей рівень безпомилкового зв'язку шляхом впровадження суворих методів контролю помилок.

Наприклад, протокол Simplex забезпечує пряму передачу пакетів даних від джерела до пункту призначення в безшумному середовищі, гарантуючи, що кожен пакет надходить без будь-яких втрат або пошкоджень.

Щоб додатково проілюструвати цю концепцію, розглянемо приклад, коли два мережеві адміністратори працюють разом над критичним проектом, який потребує постійних оновлень у режимі реального часу, пов'язаних із статусом кібербезпеки їхньої організації.

Використовуючи безшумні каналні протоколи з суворими заходами контролю помилок, ці професіонали можуть миттєво обмінюватися точною інформацією між своїми системами без перерв через втрату або пошкодження кадрів даних, що дозволяє їм оперативно реагувати на потенційні загрози та підтримувати оптимальні стандарти безпеки в інфраструктурі робочого місця.

#### **Реалізація контролю помилок у безшумних протоколах каналу**

Однією з ключових переваг безшумного каналу є те, що він забезпечує ідеальний зв'язок без втрачених або пошкоджених кадрів. Однак навіть у цьому ідеальному сценарії все ще важливо впровадити заходи для контролю помилок.

Один із таких підходів передбачає використання надмірності в даних, що надсилаються через канал.

Іншим широко використовуваним методом контролю помилок у безшумних каналах є алгоритм вибіркового повторення.

Загалом, впровадження методів контролю помилок у безшумних протоколах каналів гарантує, що передача даних є ефективною, безпечною та надійною, що веде до кращої продуктивності мереж зв'язку порівняно з шумними каналами, де існує велика ймовірність дублювання, що спричиняє непотрібне навантаження на лінії передачі, що спричиняє подальші затримки створення таких систем. з часом стає все більш неефективним.

#### **Відмінності між безшумними та шумними каналами**

У цьому розділі ми розглянемо визначення шумних каналів і проблеми, які вони створюють у мережах зв'язку, а також переваги використання замість них протоколу безшумних каналів.

#### **Визначення зашумлених каналів**

Простіше кажучи, зашумлений канал – це канал зв'язку, який відчуває перешкоди або спотворення під час передачі даних. Ці перешкоди можуть бути спричинені зовнішніми факторами, такими як електромагнітне випромінювання, або внутрішніми факторами, наприклад електронними компонентами всередині системи.

На відміну від безшумних каналів, де є ідеальний зв'язок без втрачених або пошкоджених кадрів, зашумлені канали створюють кілька проблем у протоколах зв'язку.

Ці виклики вимагають впровадження таких методів контролю помилок, як автоматичний запит на повторення (ARQ), протокол зупинки та очікування, алгоритм вибіркового повторення та інші, щоб забезпечити надійну та безпечну передачу даних між двома пристроями, які спілкуються через канал.

#### **Проблеми та рішення в зашумлених каналах**

Шумні канали створюють низку проблем, коли йдеться про передачу даних. Однак існує кілька рішень, які можна застосувати для вирішення цих проблем. Ось кілька ключових моментів, які слід враховувати –

– Визначення зашумлених каналів:

Шумні канали – це канали зв'язку, які страждають від перешкод або шуму, що спричиняє помилки в передачі.

– Проблеми в шумних каналах:

Нижче наведено деякі поширені проблеми, пов'язані з шумними каналами:

Втрачені кадри: передача може втрачати деякі кадри через шум, що призводить до неповних даних.

Пошкоджені кадри: у випадках, коли кадр було пошкоджено під час передачі через шум, він може бути неправильно отриманий на іншому кінці.

Дублювання: у певних ситуаціях один і той самий кадр може передаватися кілька разів через перешкоди, що спричиняє надмірність і сповільнює швидкість передачі.

– Рішення для зв'язку в зашумлених каналах. Нижче наведено кілька поширених рішень для ефективної комунікації в галасливих каналах:

Протокол зупинки та очікування: це надійний протокол, який гарантує, що дані не будуть втрачені під час передачі, надсилаючи один кадр за раз і очікуючи підтвердження перед надсиланням наступного.

Алгоритм селективного повторення: цей протокол допомагає підвищити ефективність у шумних каналах, дозволяючи надсилати кілька кадрів одночасно, гарантуючи повторну передачу лише відсутніх або пошкоджених кадрів.

Кодування каналу: ця техніка передбачає додавання надлишкової інформації до вихідних даних перед передачею, що дає змогу виявляти та виправляти помилки, які виникають під час передачі.

– Переваги вирішення проблем у зашумлених каналах:

Використання відповідних протоколів і методів може допомогти подолати проблеми, пов'язані з зашумленими каналами, і підвищити продуктивність шляхом підвищення надійності та збільшення пропускної здатності даних.

Ефективно впроваджуючи ці рішення, комп'ютерні мережі можуть забезпечити ефективний і безпечний зв'язок навіть за наявності великої кількості шумів або перешкод.

### **Значення та переваги протоколу Noiseless Channel**

Безшумні каналні протоколи мають численні переваги, включаючи підвищену ефективність передачі даних, підвищену безпеку конфіденційної інформації та підвищену надійність і продуктивність у мережах зв'язку.

Підвищена ефективність передачі даних

Однією з важливих переваг впровадження безшумного каналного протоколу є підвищення ефективності передачі даних. Без втрачених або пошкоджених кадрів дані можуть передаватись безперебійно без необхідності повторної передачі чи затримок.

Крім того, безшумні канали пропонують покращену продуктивність порівняно з традиційними шумними каналами, оскільки вони не несуть накладних витрат, пов'язаних із механізмами контролю помилок.

Реалізація контролю помилок у зашумлених каналах вимагає додаткових бітів для виявлення та виправлення помилок, які виникають під час передачі.

Однак у безшумному каналному протоколі, такому як симплексний протокол або протокол зупинки та очікування, ці додаткові біти не потрібні, оскільки немає помилок, які потрібно виправити.

### **Посилений захист конфіденційної інформації**

Однією з найбільш значущих переваг впровадження безшумного протоколу каналу є покращений захист конфіденційної інформації. Безшумні канали забезпечують ідеальне середовище зв'язку без можливості перехоплення або підслуховування сторонніми особами.

Безшумні протоколи каналів використовують передові методи криптографії, які шифрують дані для забезпечення наскрізної безпеки під час передачі. Шифрування практично унеможливує доступ неавторизованих сторін до інформації без відповідних ключів автентифікації та дешифрування.

Забезпечуючи конфіденційність і цілісність переданої інформації, безшумні протоколи каналів підвищують довіру між пристроями, що спілкуються, одночасно знижуючи ризик витоку конфіденційних даних, що може призвести до крадіжки, шахрайства або незаконного привласнення особистих даних.

### **Покращена надійність і продуктивність у мережах зв'язку**

Безшумні каналні протоколи мають значні переваги для мереж зв'язку, включаючи підвищену надійність і продуктивність. Безшумний каналний протокол гарантує, що передача даних не містить помилок, втрачених і пошкоджених кадрів.

Це забезпечує ефективну передачу даних із меншою кількістю затримок або перерв.



Безшумні каналні протоколи також підвищують безпеку в мережах зв'язку, ускладнюючи перехоплення конфіденційної інформації під час передачі неавторизованим особам.

Деякі протоколи криптографії використовують методи зменшення шуму, щоб запобігти будь-якому прослуховуванню обробки цифрового сигналу.

Підсумовуючи, впровадження безшумних каналних протоколів має численні переваги для мереж зв'язку щодо підвищення надійності, підвищення ефективності передачі даних і підвищення безпеки відправника конфіденційної інформації в мережі.

Підсумовуючи, Noiseless Channel Protocol відіграє важливу роль у підвищенні надійності, безпеки та продуктивності комунікаційних мереж. Забезпечуючи ідеальний зв'язок без втрачених або пошкоджених кадрів і впроваджуючи механізми контролю помилок, ефективність передачі даних підвищується.

Крім того, методи зменшення шуму, такі як каналне кодування та методи модуляції, можуть бути використані для вдосконалення теорії інформації та бездротового зв'язку. Хоча шумні канали створюють проблеми, такі протоколи, як алгоритм вибіркового повторення, можуть пом'якшити їх вплив.

### Розробка структурної схеми

Структурна схема системи перешкодостійкого кодування для передачі даних по комп'ютерній мережі зображена на рисунку 1.

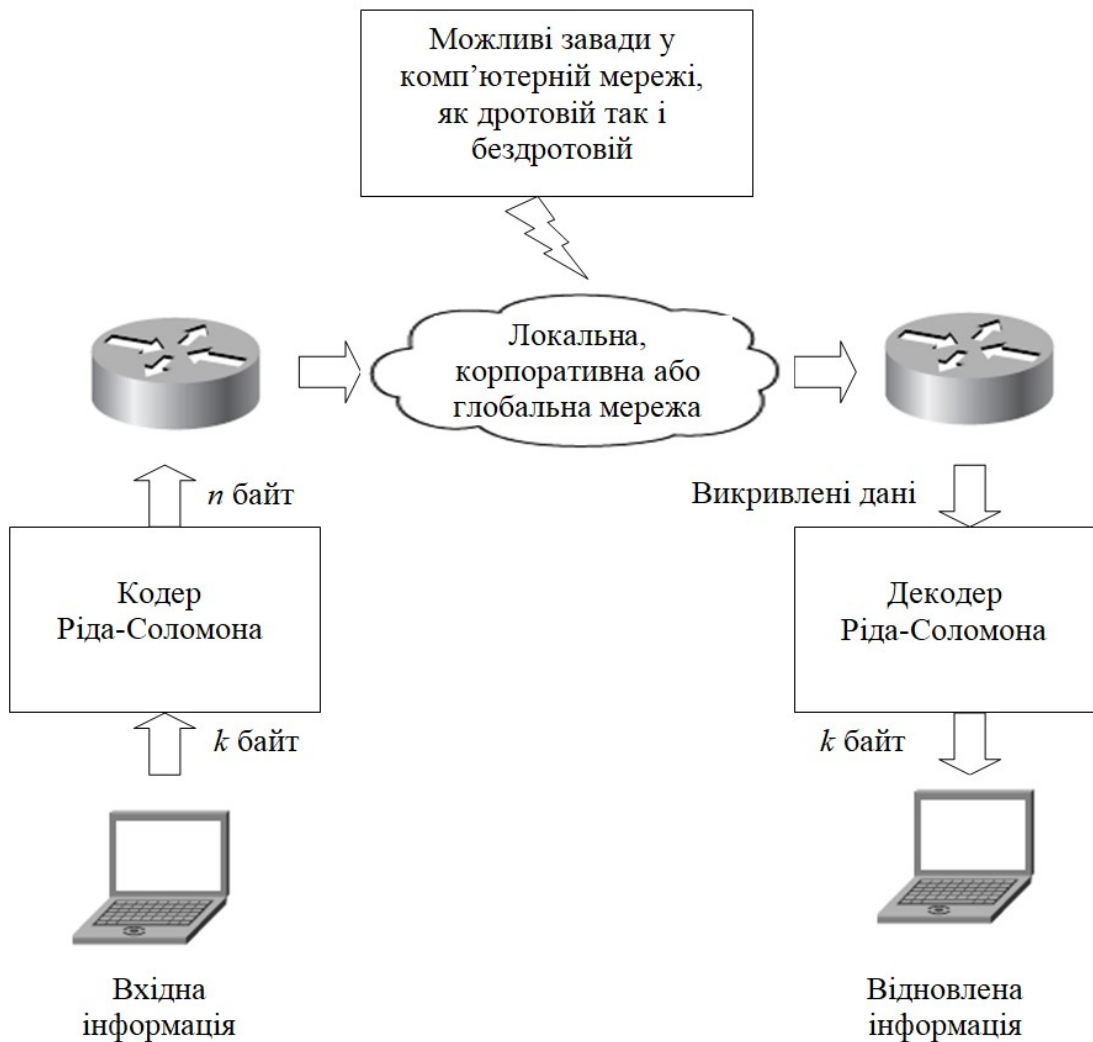


Рисунок 1 – Структурна схема системи

З цієї схеми ми бачимо, що над вхідними даними, перед передачею у комп'ютерну мережу, відбуваються перетворення кодеком Ріда-Соломона. Після кодування дані передаються у мережу.

При зчитуванні інформації, розроблене програмне забезпечення декодує інформацію, яка надходить з комп'ютерної мережі, і якщо потрібно, після проведення відповідних перевірок, проводить відновлення втраченої інформації. Якщо таке відновлення неможливе, то програма видає відповідне повідомлення.

**Висновки.** У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих систем перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі; Досліджена система перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання перешкодостійкого кодування для передачі даних у хмарі. 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. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchov, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings, Volume 3530*, 2023, pp. 256-265.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740*, 2020, Pages 102-114.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
  15. 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.
  16. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyzy, 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.
  17. 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.
  18. 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.
  19. 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.
  20. 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.
  21. 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.
  22. 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.
  23. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». Підводні технології, 2024, № 13, с. 28-35.