

УДК 004/608

С. О. БЕРЕЗОВСЬКИЙ

**3D ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНІ КОМУТАЦІЙНІ СТРУКТУРИ НА ЕЛЕМЕНТАХ БЕРЕЗОВСЬКОГО**

Показано використання графічної моделі комутаційного елемента Березовського, як складової компоненти набору - інструментарію для мови образів, що дозволяє створити відповідну бібліотеку образів для творчого людино-машинного процесу проектування масштабованих і 3D топологій комутаційних фабрик і структур, мереж під завдання "Індустрія 4.0"

Підхід, що розглядається пропонує розробку відкритої платформи для розподілених мережевих сервісів, яка дозволить централізовано керувати комп'ютерними мережами, ПКС що, зокрема, дасть можливість незабаром випустити незалежні від виробників апаратного забезпечення системи віртуалізації мережевого обладнання.

**Ключові слова:** програмно-конфігурується мережі, комутаційний елемент Березовського, використання графічної моделі.

Показано использование графической модели коммутационного элемента Березовского, как составной компоненты набора - инструментария для языка Образов, что позволяет создать соответствующую библиотеку образов для творческого человеко-машинного процесса проектирования масштабируемых и 3D топологий коммутационных фабрик и структур, сетей под задачи "Индустрия 4.0"

Рассматриваемый подход, предполагает разработку открытой платформы для распределенных сетевых сервисов, которая позволит централизованно управлять компьютерными сетями, КС что, в частности, даст возможность в скором времени выпустить независимые от производителей аппаратного обеспечения системы виртуализации сетевого оборудования.

**Ключевые слова:** програмно-конфигурируемой сети, коммутационный элемент Березовского, использование графической модели.

The use of the graphic model of the switching element by Berezovsky as a component of the toolkit for the Imagery language is shown, which allows creating an appropriate image library for the creative human-machine process of designing scalable and 3D topologies of switching factories and structures, networks for tasks "Industry 4.0" This approach assumes the development of an open platform for distributed network services that will allow centralized management of computer networks, which, in particular, will make it possible in the near future to release hardware-independent virtualization systems for network equipment. Using switching element by Berezovsky in the construction of software-reconfigurable PCS (SDN) allows us to scale segments of local networks over networks of clouds connected by software-controlled information tunnels. Importantly, the network virtualization engine is built on the basis of free software, which allows network administrators to manage large data flows more quickly and efficiently from one console. 3D technology is planned to be used in the production of new communication technology, automated control systems, computer systems, robotics and encryption, for example, in dynamic cryptographic devices. Due to the unique design and improved characteristics, the modules can be used in various types of radio electronic equipment, in fault-tolerant on-board systems and portable equipment. The new technology will lead to a fundamentally new level of the development and assembly of radio electronic equipment. New approaches in the design, development and application of images - models of elements, and on their basis automated production technologies will allow solving the problems of "Industry 4.0" more economically, flexibly, efficiently, and above all, at the same time maintaining the high life cycle of the projected PKS (SDN).

**Keywords:** software-defined networking, switching elements by Berezovsky, use graphic model.

**Вступ.** Світова спільнота знаходиться на порозі нової промислової революції – четвертої за рахунком, яка повинна ґрунтуватися на концепції нової індустріальної парадигми. Це епоха нових відкриттів і нових технологій, покликаних збільшити продуктивність праці, радикально змінити цілі галузі економіки швидкими темпами.

Натхненники німецької концепції "революційної ситуації" – "Індустрія 4.0" – обґрунтовують її базовий принцип кастомізації, і стверджують, що це ера настане, коли виробничі потужності будуть взаємодіяти з виробленими товарами і адаптуватися при необхідності під нові потреби виробників.

Концепція "розумних фабрик" - нові типи промислових самоналагоджувальних автоматизованих виробництв, пов'язаних один з одним за допомогою нових мережевих рішень в режимі реального часу і базуються на понятті Big Data і їх аналізі; використовують адаптивні технології доповненої реальності, інтернет-речей. Цілі етапи виробництв повинні функціонувати без участі людини.

Обробка Big Data (Великих Даних) зумовлює стрімке зростання обсягів трафіку, зміна його структури і зростаючої чисельності складових модулів автоматизованих виробництв, армії мобільних замовників-користувачів. При цьому традиційні мережі занадто статичні і тому не відповідають динаміці, властивій сучасному економіки. Традиційні схеми адресації, логічного розподілу мереж і способи призначення правил обробки трафіку в таких динамічних середовищах ста-

ють неефективні, а природа наявних коштів управління значно ускладнює масштабування сучасних мереж.

Розробники реалізують ідею програмно-конфігурується мережі (ПКС) (англ. Software-defined networking, SDN), в якій здійснюється розподіл функцій передачі трафіку від функцій управління (включаючи контроль як самого трафіку, так і пристроїв здійснюють його передачу). В ПКС логіка і управління передається спецконтроллеру, який одночасно відстежує роботу всієї мережі.

У минулому, технологічні досягнення і масштабованість частоти дозволяли більшості комп'ютерних програм збільшувати продуктивність без структурних змін або апаратного прискорення.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Актуальним стає можливість необмеженого масштабування мереж, усунення їх блокування, прозорі засоби управління і живучість.

Сьогодні для інтеграції і масштабування ПКС не вистачає стандартів, єдиної, відкритої для всіх вендорів платформи, загального стека технологій.

У разі програмного підходу можна створити відкриту платформу, побудовану за модульним принципом. Питання вже не в неможливості зробити це, а в необхідній кваліфікації проектувальників програмно-реконфігурованих мереж.

Відбувається зсув парадигми споживання з апаратних на програмно-реконфігуровані продукти вимагає для своєї реалізації нових рішень.

© С. О. Березовський. 2017

Потрібна концепція і реалізація програмно-реконфігурованих комутаційних структур (ПКС), за допомогою яких можна автоматизувати стандартні функції на кшталт створення віртуальних машин і розподілу ресурсів зберігання.

Потрібно підхід, що пропонує розробку відкритої платформи для розподілених мережевих сервісів, яка дозволить централізовано керувати комп'ютерними мережами, ПКС що, зокрема, дасть можливість незабаром випустити незалежні від виробників апаратного забезпечення системи віртуалізації мережевого обладнання.

Комутаційний елемент Березовського. У разі програмного підходу можна створити відкриту платформу, побудовану за модульним принципом. Питання вже не в неможливості зробити це, а в необхідній кваліфікації проєктувальників програмно-реконфігурованих комутаційних революційних 3D структур на нових елементах, наприклад, таких як N-мірні комутаційні елементи Березовського (КЕБ) [1,2].

Основним елементом концепції ПКС (SDN) є фреймворк з новим програмованим комутаційним елементом Березовського, на базі якого можливі 2D і 3D розробки топології мережевих і комутаційних структур.

Основним елементом концепції ПКС (SDN) і програмно-конфігуруються комутаційних структур (КС) є фреймворк з новим програмованим комутаційним елементом Березовського, на базі якого можливі 2D і 3D розробки топології мережевих і комутаційних структур.

Основною вимогою до нового фреймворку є можливість безлімітного масштабування і 3D розвитку топології, швидка розробка і висока живучість за рахунок фрагментальної реконфігурації.

Існуючі стандарти передбачають використання в документації ГОСТи по умовному графічному позначенню (УДО) в електричних схемах і наказують як повинен бути позначений і підписаний кожен елемент на схемах, які виконуються вручну або автоматичним способом у всіх галузях промисловості.

"Як заведено" УДО елемента має форму прямокутника, який може містити три поля: основне і два додаткових і ряд інших вимог.

Традиційне моделювання починається зі створення 2D-геометрії.

Плоский двомірний комутаційний елемент Березовського, Якій розглядається в [1], має 15 базових станів до яких відповідно надано характеристичні рівняння.

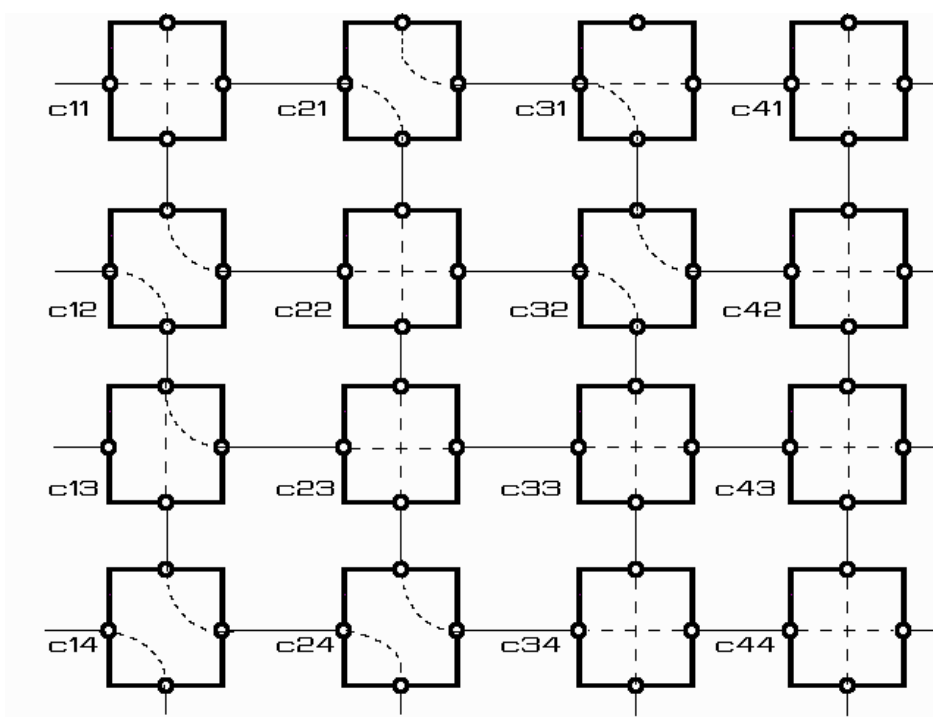


Рис. 1 – Комутаційне поле на 2D елементах Березовського

Тоді регулярна структура комутаційного поля з 16 елементів із зазначенням комутаційних станів кожного елемента поля і з урахуванням копланарності може бути представлена як на рис. 1. .

Розширення області застосування ПКС можливо за рахунок збільшення числа базових комутаційних станів КЕБ.

**Двоплосинна модель комутаційного елемента.** Перехід від 2D- до 3D-проекування здійснюється за схожим сценарієм: розробники

продовжують працювати в 2D і одночасно освоюють технології 3D-проекування, потім інтегрують 2D-креслення в 3D-моделі і поступово припиняють використання 2D-проекування, за винятком тих випадків, коли необхідна розробка схем, планувань і креслень в 2D. При цьому основне завдання полягає в передачі 2D-даних і інтеграції креслень в процес 3D-проекування. 3D-проекування сприяє значному підвищенню продуктивності, однак найчастіше необхідність попередньої підготовки УДО з історією

побудови підвищує складність навчання і перешкоджає швидкому переходу до використання системи.

УГО двомірного (двоплощинного) комутаційного модуля на елементах Березовського надано на рис. 2.

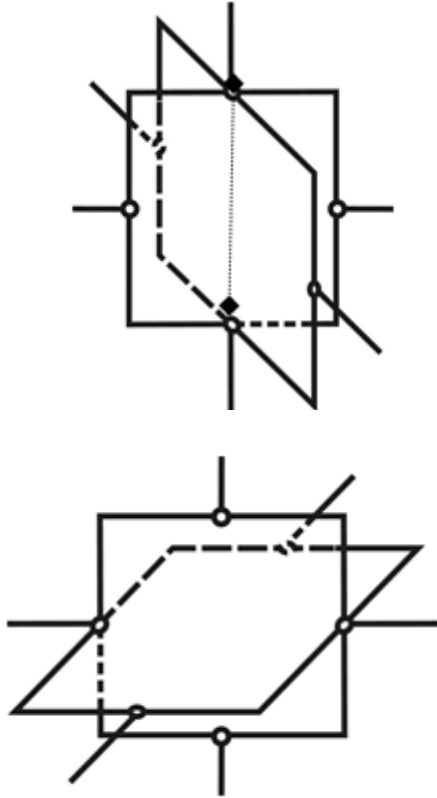


Рис. 2 – Умовна графічна модель двомірного комутаційного модуля

Об'єднання 2D – комутаційних елементів дозволяє отримати комутаційні модулі з більшим числом станів. З'єднання в єдиний  $n$ -вимірний комутаційний елемент –  $(N-1)$  2D – елементів дозволяє будувати комутаційні модулі з  $15^{n-1}$  [2].

Регулярне комутаційне поле на зазначених моделях зображено рис. 3.

Підвищення продуктивності, живучості ресурсу паралельних, розподілених систем може бути реалізовано при використанні нових можливостей – 3D реконфігурованих комутаційних структур (PKC). 3D PKC дозволяють спростити масштабованість, підвищити безпеку; автоматизувати управління, збільшити потужність фізичної інфраструктури, знизити капітальні та операційні витрати.

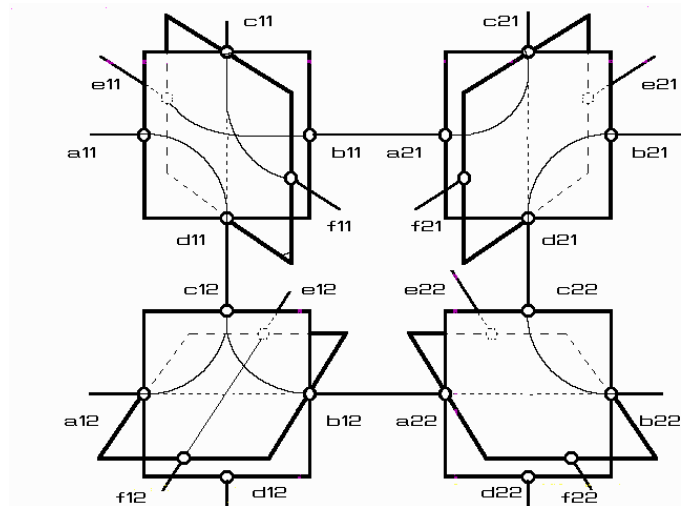


Рис. 3 – Регулярне комутаційне поле на 2-мірних КЕБ

### 3-мірна модель комутаційного елемента.

Представимо тривимірний комутаційний модуль у вигляді тривимірного куба, утвореного перетинанням 2D – комутаційних елементів у декартовій системі координат (рис. 4).

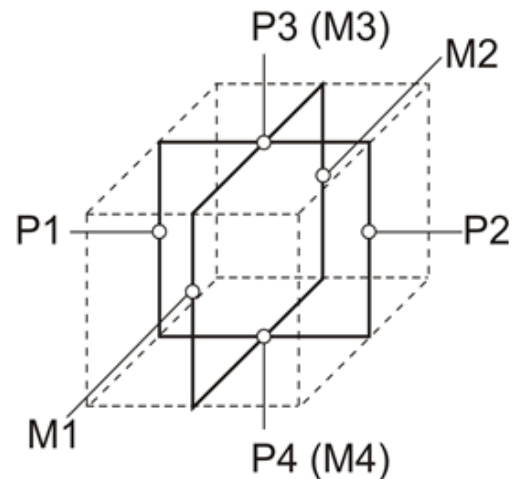


Рис. 4 – 3-мірний комутаційний елемент

Інколи такий модуль зручніше представляти у вигляді моделі – куба, усередині якого розташовані пересічні площини з нанесеними на них базовими станами.

3D комутаційне поле 2x2 на елементах Березовського має зображення як на рис. 5 де складові площини зображені штрих-пунктирною лінією для здебільш адекватної наочності.

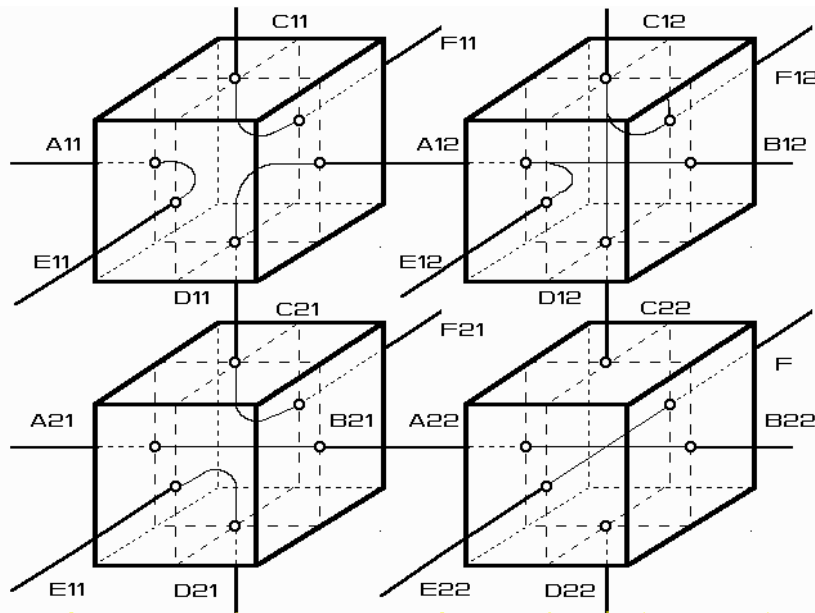


Рис. 5 – Комутаційне поле на 3-мірних комутаційних елементах

Промальовування і розрахунок 2D-ескізів площин комутаційного елемента Березовського значно спрощує процес проектування, і, якщо результати можна застосувати в 3D-середовищі, процес стає ще більш ефективним.

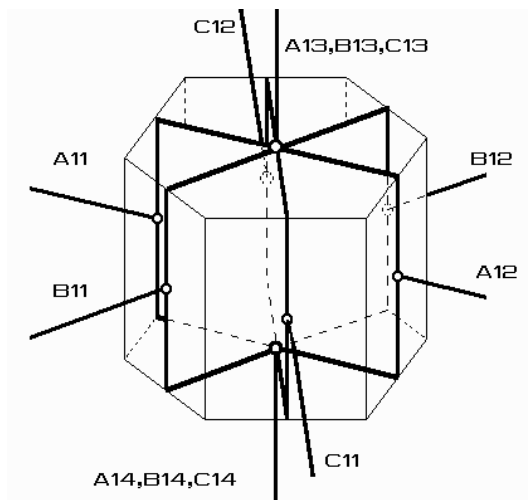


Рис. 6 – Модель елемента з промальованими площинами.

Для збільшення кількості складових площин використано аксонометрическую проекцію моделі рис. 6.

Для поліпшення зорового сприйняття модель може бути зображена без інформації про комутаційних стан площин що складають елемент (рис. 7).

Однак подальше збільшення числа площин, складових N-мірний комутаційний елемент Березовського ускладнює процес промальовування - графічного представлення моделі елемента.

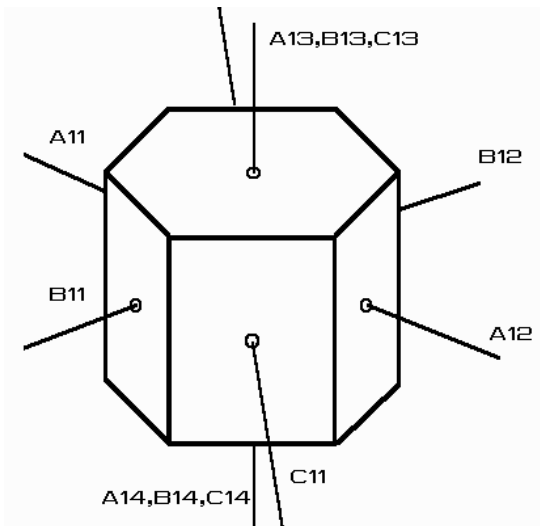


Рис. 7 – Модель елемента без інформації про комутаційних стан площин

**Нове УГО комутаційного елемента Березовського.** Традиційна літеро-цифрова технологія спілкування користувача з ЕОМ украй обмежує можливості людини щодо переробки символічної,  $n$ -вимірної інформації і вступає в явну суперечність з головним достоїнством СУПЕР-ЕОМ – з їхньою високою швидкістю.

Одна з найближчих стратегічних перспектив науки полягає в розробці нової технології інтерактивно-графічної взаємодії людини і його образних механізмів творчого мислення вже не просто з ЕОМ, а безпосередньо з самою досліджуваною проблемою [3].

Успіхи розробок Hard – і Software дозволяють активувати процес створення Brainware – сукупності інтелектуальних алгоритмічних засобів, що складають фактичну основу всієї методології сучасного математичного моделювання й обчислювального експерименту.

Одним з унікальних елементів із засобів сучасної інформаційної технології є динамічна Інтерактивна комп'ютерна графіка з використанням інтелектуальних мов програмування, що дозволяють задіяти обчислювальні можливості графічних процесорів, передати функцію створення алгоритмів – комп'ютера, а за людиною-експертом залишити лише синтез і постановку задачі.

Проте створення багатомірного комутаційного елемента автоматично очікувало на розробку адекватної зручної моделі зазначеного вище елемента для візуального відображення стану зв'язків в утворюючих його площинах і структури зв'язків самих елементів у полі [4].

Для вирішення кола завдань з проектування масштабованих однорідних і 3D програмованих ПКС, потрібен був потужний, але гнучкий інструментарій. Як структурної типізації - Образа - УДО графічної моделі N-мірного комутаційного елемента Березовського було запропоновано використовувати криву другого порядку – еліпс (рис. 8).

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \tag{1}$$

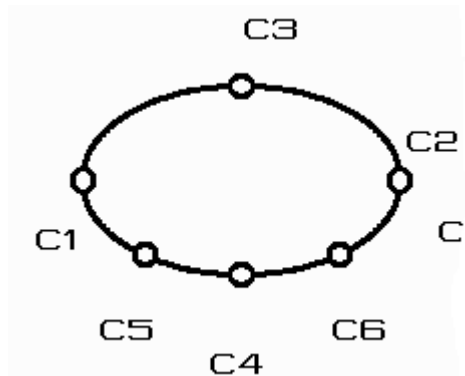


Рис. 8 – Нова графічна модель УГО площини комутаційного елемента Березовського

Використання нового УГО як моделі площині комутаційного елемента Березовського дозволило представити його у вигляді простого (рис. 9) або узагальненого (рис. 10) графічних образів.

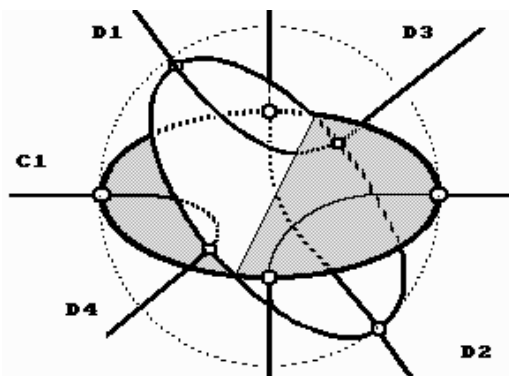


Рис. 9 – Графічна модель проста комутаційного елемента Березовського

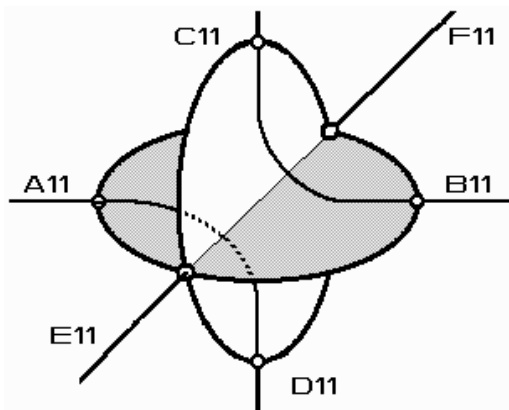


Рис. 10 – Графічна модель узагальнена комутаційного елемента Березовського

Образне уявлення 2-мірних в ізометрії регулярних структур з використанням наведених вище УГО представлені на рис. 11, 12.

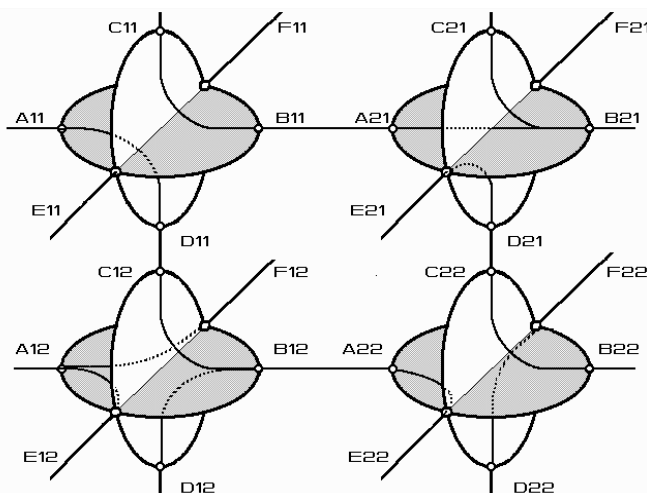


Рис. 11 – Регулярна структура на 2-мірних простих УГО

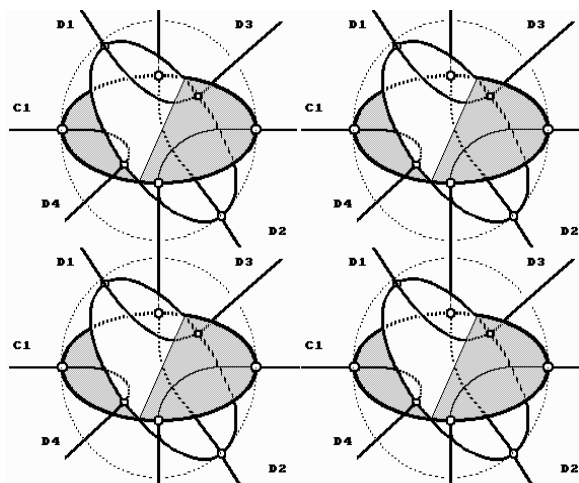


Рис. 12 – Регулярна структура на 2-мірних узагальнена УГО

**3-мірна нова модель комутаційного елемента Березовського.** Технологію 3D планується застосовувати у виробництві нової техніки зв'язку, автоматизованих системах управління,

обчислювальних комплексах, робототехніці і шифруванні, наприклад, в динамічних криптографічних пристроях. Завдяки унікальній конструкції і поліпшеним характеристикам модулі можуть використовуватися в різних видах радіоелектронної апаратури, в відмовостійких бортових системах і переносній апаратури.

Для зручності проектування, контролю прийнятих рішень іноді елементи графічного образу зручно розфарбовувати. Приклад УГО 3-мірного розфарбованого комутаційного елемента Березовського наведено на рис. 13.

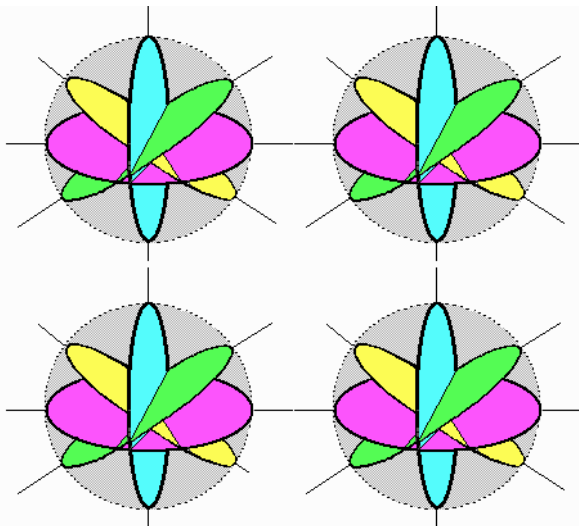


Рис. 13 – Розфарбована 3-мірна УГО комутаційного елемента Березовського

**Консолідація напрямки розробки архітектури "зверху-вниз" або "знизу-вгору".** 3D РКС на елементах Березовського дозволяють розширювати, консолідувати і формувати інформаційні напрямки розробки архітектури "зверху-вниз" або "знизу-вгору" утворювати складну ієрархію паралельно-послідовних віртуальних проблемно-орієнтованих сукупностей обчислювальних структур - кластерів для дослідження процесів мінливих в часі.

Необхідно підкреслити, що не існує обмеження на кількість відображуваних зв'язків на схемі. подібні схеми відображають лише взаємодія між процесами, а не їх черговість.

Структури що поєднують моделі УГО комутаційних елементів Березовського "зверху-вниз" або "знизу-вгору" наведено на рис. 14, 15

Розфарбовані схеми відображають кожен рівень управління окремо: в разі якщо виділена вищестояща категорія, то будуть відображені взаємодії підкатегорій процесів, що входять в виділену категорію, а якщо виділена категорія, що включає в себе процеси, то буде

відображена схема взаємодії процесів даної категорії між собою.

При цьому буде досягнута реально висока продуктивність обчислювальної системи на широкому класі задач.

На допомогу розробнику окремі кластери 3D РКС на елементах Березовського можуть бути розфарбовані із зазначенням їх внутрішнього стану (рис. 15)

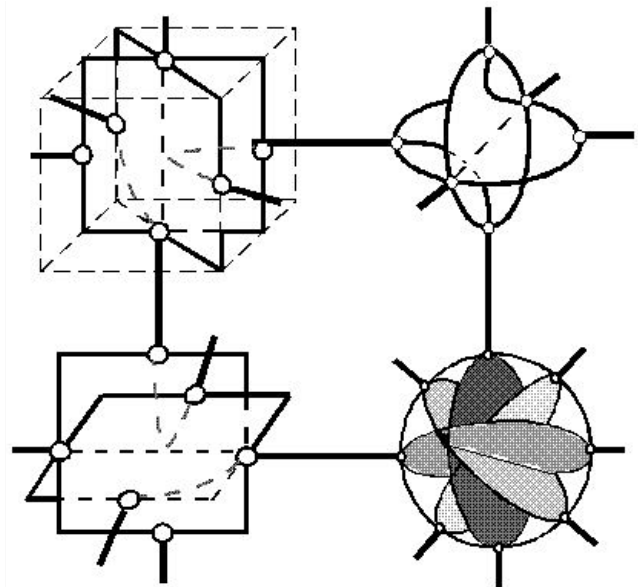


Рис. 14. – Комутаційна структура на елементах Березовського різних поколінь

РКС є узгоджену, відкриту і стандартизовану структуру, як інструмент моніторингу використання і пересування даних, який забезпечує гнучкий, безпечний, скоординований управління, поділ обчислювальних ресурсів і ресурсів зберігання даних, безпечний доступ до даних і до самої інфраструктури.

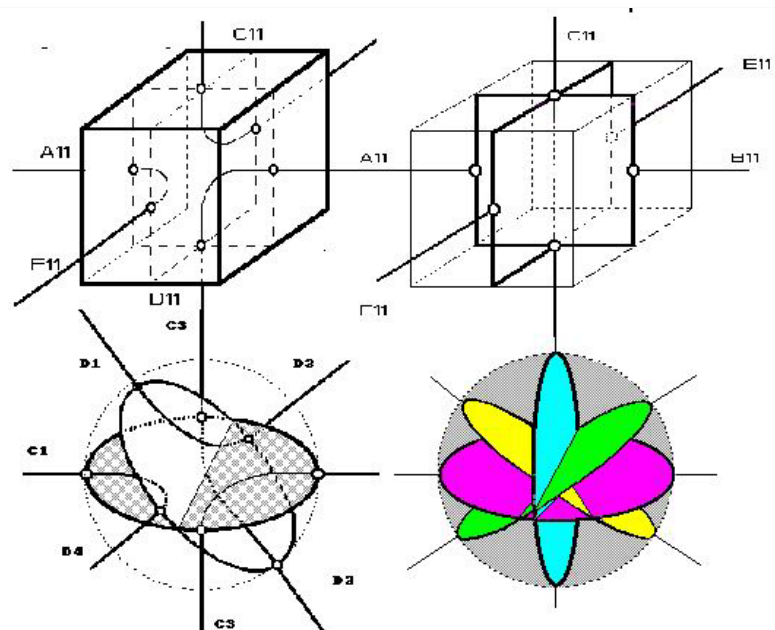


Рис. 15. – Розфарбована комутаційна структура на елементах Березовського різних поколінь

Суть концепції 3D РКС полягає в тому, щоб архітектура інфраструктури мала можливість адаптуватися під структуру розв'язуваної задачі, тобто щоб граф  $G^*$  обчислювального процесу якомога ближче збігався з графом  $G$  розв'язуваної задачі.

Як надано у матеріалах [2] базові стани площини задаються відповідно до типова рівнянь у виде діз'юнкцій, що дозволяє звернути одну з складових кон'юнкцій, тобто реконфігурувати стан площини програмно. Така можливість елемента Березовського дозволяє використати їх для побудова РКС.

З огляду на, що чим вище спеціалізація застосовуваного набору інструментів, тим вище якість роботи з проектування топології РКС. Була розроблена динамічна асоціативна бібліотека (ДАБ) станів для комутаційного елемента Березовського [4].

**Висновки.** Використання ДАБ забезпечує можливість реалізувати алгоритми проектування топології КС в узгодженій формі, спираючись на вихідні графічні дані реалізованої топології РКС (рис.).

Побудова інфраструктур на базі технології 3D РКС вигідно відрізняється від структур з "жорсткою" архітектурою, які мають органічний недолік найбільшу продуктивність (пікову) тільки для вузького класу задач.

Використання кеб при побудові програмно-реконфігурованих КС дозволяє масштабувати сегменти локальних мереж поверх мереж з хмар об'єднаних програмно-керованими інформаційними тунелями. Важливим є те, що механізм віртуалізації мереж побудований на базі вільного програмного забезпечення, що дозволяє мережевим адміністраторам швидше і ефективніше управляти великими потоками даних з однієї консолі.

Не можна сказати, що це революційно нова ідея. При цьому завдання автоматизації управління ПКС в режимі жорсткого реального часу змушують розробників робити вибір між спеціалізованими ОС реального часу високої надійності і продуктивності або деякими відкритими ОС загального призначення.

Нова технологія введе на принципово новий рівень процес розробки і збірки радіоелектронної апаратури.

Нові підходи в проектуванні, розробка і застосування образів - моделей елементів, і на їх основі автоматизованих технологій виробництва дозволить вирішувати завдання "Індустрія 4.0" більш економно, гнучко, ефективно, і головне, одночасно підтримувати високий життєвий цикл проектованих ПКС.

#### Список літератури:

1. Пат. № 2020739 RU. N-мерный коммутационный элемент С. А. Березовского [Текст] / Березовский С. А. – 1994. – Бюл. № 18.
2. Березовский, С. А. Недекартова многослойная коммутационная структура [Текст] / С. А. Березовский // Международная конференция «100-летие начала использования электромагнитных волн для передачи сообщений и зарождения радиотехники»: 50-я Научная сессия, посвященная Дню радио. – М., 1995. – С. 30.
3. Berезovsky, S. A. Cognitive graphics elements of homogeneous switching structures [Text] / S. A. Berезovsky // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении. – К.: АТМ України, 2004. – С. 7–11.
4. Березовський, С. О. Модель 3D-комутаційного елемента мережевої структури зв'язку [Текст] / С. О. Березовський // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2008. – № 2. – С. 86–92.
5. Berезovsky, S. A. Homogeneous switching structure for computing systems purposes [Text] / S. A. Berезovsky // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении. – Киев: АТМ України, 2009. – С. 10–14.
6. Березовський, С. А. 3D инфографика конвергентных коммутационных структур на элементах Березовского [Текст] / С. А. Березовский // Інформаційна освіта та професійно-комунікативні технології XXI століття. – 2016. – С. 398–403.
7. Березовський, С. А. 3D реконфигурируемая коммутационная структура на элементах Березовского [Текст] / С. А. Березовский // Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій. – 2016. – С. 89–91.
8. Berезovsky, S. Reconfigurable commutation structures using the elements by Berезovsky [Text] / S. Berезovsky // 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET). – 2016. doi: [10.1109/tcset.2016.7452106](https://doi.org/10.1109/tcset.2016.7452106)
9. Березовський, С. А. 3D реконфигурируемая коммутационная структура на элементах Березовского [Текст]: тези доповідей VIII Міжнар. наук.-практ. конференції / С. А. Березовський // Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – С. 89–91.
10. Berезovsky, S. (2016). Reconfigurable commutation structures using the elements by Berезovsky. 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET). doi: [10.1109/tcset.2016.7452106](https://doi.org/10.1109/tcset.2016.7452106)

#### Bibliography (transliterated):

1. Berезovskiy, S. A. (1994). Pat. No. 2020739 RU. N-mernyy kommutatsionnyy element S. A. Berезovskogo. Bul. No. 18.
2. Berезovskiy, S. A. (1995). Nedekartovaya mnogosloynaya kommutatsionnaya struktura. Mezhdunarodnaya konferenciya «100-letie nachala ispol'zovaniya elektromagnitnykh voln dlya peredachi soobshcheniy i zarozhdeniya radiotekhniki»: 50-ya Nauchnaya sessiya, posvyashchennaya Dnyu radio. Moscow, 30.
3. Berезovsky, S. A. (2004). Cognitive graphics elements of homogeneous switching structures. Novye i netradicionnye tekhnologii v resurso- i energosberezhenii. Kyiv: ATM Ukrainy, 7–11.
4. Berезovskiy, S. O. (2008). Model 3D-komutatsionnoho elementa merezhevoi struktury zviazku. Naukovi pratsi ONAZ im. O. S. Popova, 2, 86–92.
5. Berезovsky, S. A. (2009). Homogeneous switching structure for computing systems purposes. Novye i netradicionnye tekhnologii v resurso- i energosberezhenii. Kyiv: ATM Ukrainy, 10–14.
6. Berезovskiy, S. A. (2016). 3D infografika konvergentnykh kommutatsionnykh struktur na elementakh Berезovskogo. Informatsiina osvita ta profesiino-komunikativni tekhnologii XXI stolittia, 398–403.
7. Berезovskiy, S. A. (2016). 3D rekonfiguriruemaya kommutatsionnaya struktura na elementakh Berезovskogo. Suchasni problemy i dosiahnennia v haluzi radiotekhniki, telekomunikatsii ta informatsiinykh tekhnologii, 89–91.
8. Berезovsky, S. (2016). Reconfigurable commutation structures using the elements by Berезovsky. 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET). doi: [10.1109/tcset.2016.7452106](https://doi.org/10.1109/tcset.2016.7452106)
9. Berезovskiy, S. A. (2016). 3D rekonfihuryruemaia kommutatsionnaia struktura na elementakh Berезovskogo. Suchasni problemy i dosiahnennia v haluzi radiotekhniki, telekomunikatsii ta informatsiinykh tekhnologii, Zaporizhzhia: ZNTU, 89–91.
10. Berезovsky, S. (2016). Reconfigurable commutation structures using the elements by Berезovsky. 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET). doi: [10.1109/tcset.2016.7452106](https://doi.org/10.1109/tcset.2016.7452106)

Поступила (received) 20.07.2017

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**3D програмно-конфігуровані комутаційні структури на елементах Березовського/ Березовський С. О.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 20(1242). – С.65–72. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

**3D программно-конфигурируемые коммутационные структуры на элементах березовского/ Березовский С. А.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 20(1242). – С.65–72. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

**3D Program-configurable commutative structures using the elements by Berezovsky/ Berezovsky S.** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – No 20 (1242). – P.65–72. – Bibliogr.:10. – ISSN 2079-5459

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Березовський Станіслав Олександрович** – доцент, Одеський національний політехнічний університет, Кафедра Радіотехнічних пристроїв, пр. Т. Г. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна, 65044; e-mail: [bsa-1@i.ua](mailto:bsa-1@i.ua).

**Березовский Станислав Александрович** – доцент, Одесский национальный политехнический университет, Кафедра радиотехнических устройств, пр. Т. Г. Шевченко, 1, м. Одеса, Украина, 65044; e-mail: [bsa-1@i.ua](mailto:bsa-1@i.ua).

**Berezovsky Stanislav** – Associate Professor, Odessa National Polytechnic University, Department of Radioengineering Devices, Taras Shevchenko ave., 1, Odesa, Ukraine, 65044; e-mail: [bsa-1@i.ua](mailto:bsa-1@i.ua).

УДК 004.056.53

*А. Д. СОРОКУН***ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ З МОЖЛИВІСТЮ КОРЕКЦІЇ ПОМИЛОК В ОБЛАСТІ СТЕГАНОГРАФІЇ**

Розглядається такий спосіб організації захищеного спілкування двох суб'єктів від атак та ненавмисних змін, як стеганографія. Пропонується використовувати коди з можливістю виправлення помилок, описано механіку й принципи роботи з ними. В експериментальній частині тестується стеганографічна ємність кодів Ріда-Соломона і можливість включення додаткових біт інформації до стеганоповідомлення. Результатом дослідження є обґрунтування перспективи подальших досліджень застосування коригуючих кодів в області стеганографії.

**Ключові слова:** стеганографія, коригуючі коди, коди Ріда-Соломона, шифрування, мережі зв'язку.

Рассматривается такой способ организации защищенного общения двух субъектов от атак и непреднамеренных изменений, как стеганография. Предлагается использовать коды с возможностью исправления ошибок, описана механика и принципы работы с ними. В экспериментальной части тестируется стеганографическая емкость кодов Рида-Соломона и возможность включения дополнительных бит информации в стеганосообщение. Результатом исследования является обоснование перспективы дальнейших исследований применения корректирующих кодов в области стеганографии.

**Ключевые слова:** стеганография, корректирующие коды, коды Рида-Соломона шифрования, сети связи.

The present disclosure is directed to several problems relating to the goal of steganography: to hide messages in such a way that no one other than the sender and the intended recipient knows about the existence of this message. It is proposed to use codes with the possibility of correction of errors, also described the mechanics and principles of working with them. In the experimental part, the steganographic capacity of the Reed-Solomon codes is tested. Research field include the possibility of adding additional bits of information to the secret message. The result of the study is to justify the prospect of further research on the use of corrective codes in the area of steganography.

**Keywords:** steganography, corrective codes, Reed-Solomon codes, Encryption, communication network.

**Вступ.** У 21 столітті майже всі компанії, державні установи та окремі користувачі спілкуються за допомогою комп'ютерних систем та передових технологій, таких як Інтернет. Сьогодні традиційні паперові носії замінюють своїми цифровими версіями, що дозволяє суттєво зменшити потреби у великих сховищах, а також робить інформацію легкодоступною для більшої кількості користувачів. Майже всі комерційні та приватні організації переходять до "безпаперового" офісу, коли для створення цифрового вмісту все частіше використовуються спільні офісні пристрої, такі як цифрові копіювальні апарати,

факсимільні апарати, сканери, цифрові камери та відеокамери. Переваги використання цифрової форми полягає в тому, що її можна легко створювати та зберігати.

**Постановка проблеми.** Розширення глобальної мережі зв'язку, таких як Інтернет, та посилення залежності від оцифрованої інформації в суспільстві робить інформацію більш вразливою до негативного впливу, і викликає серйозні проблеми щодо безпеки даних та приховування інформації. Забезпечення безпечного спілкування двох суб'єктів, захищене від

© А. Д. Сорокун. 2017