

УДК 004

М.Белоглазов, магістр гр. КІ-22М-2

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ ПОБУДОВАНИХ НА ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗДРОТОВОЇ NGN

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN. Об'єктом дослідження є процес проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN. Предметом дослідження є методи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN. Методи дослідження базуються на методах теорії телекому, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

**Постановка проблеми.** При всій ефективності й швидкодії бездротових технологій вони не можуть обійтися без провідної мережі NGN. Якщо при її побудові будуть допущені прорахунки, то стрімке зростання трафіку Wi-Fi може привести до виникнення вузьких місць у кабельній системі. Поява нових стандартів на бездротові мережі NGN привносить додаткові складності.

Донедавна Wi-Fi у корпоративних будинках уважався додатковим преміальним сервісом – він пропонувався відвідувачам і іноді використовувався співробітниками. Однак сьогодні наявність бездротової мережі NGN стало обов'язковою вимогою, пропонованою до офісних комплексів, аеропортів, торгових центрів, спортивних арен і інших місць масового скупчення людей.

Співробітники компаній, клієнти й орендарі хочуть мати доступ до необхідних даних і послуг незалежно від того, де вони перебувають і який тип мобільного пристрою використовують. Зростаюча залежність від бездротового зв'язку привела до швидкого поширення підходу «Принеси свій власний пристрій» (Bring Your Own Device, BYOD). У міру того як бездротові пристрої й додатки стали оперувати все більшими обсягами даних і мати потребу у все більшій пропускній здатності й більше швидкому відгуку, у багатьох мережах стали виникати проблеми із продуктивністю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-20] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN.

**Мета й завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN.

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

– Огляд існуючих систем проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN.

– Дослідження системи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN.

– Програмна реалізація системи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN.

*Об'єктом дослідження є процес проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN.*

*Предметом дослідження є методи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN.*

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

**Виклад основного матеріалу. Стандарти на підключення бездротових точок доступу.** Розвиток технологій бездротового зв'язку стало спонукальним фактором для повторного аналізу, а в деяких випадках і для перегляду існуючих стандартів, що визначають топологію й інші аспекти кабельних систем, використовуваних для підключення точок доступу. Розглянемо деякі із цих стандартів.

Багато стандартів, що стосуються бездротових мереж, концентруються на питаннях підключення точок доступу до загальної мережі NGN об'єкта. Суужніше всього вибрати розмір стільники таким чином, щоб побудована мережа WLAN забезпечувала ефективну підтримку додатків IEEE 802.11n і 802.11ac, а кабельна розподільна мережа гарантувала достатню продуктивність сьогодні й у майбутньому.

В 2004 році міжнародні організації ISO і IEC представили технічний звіт TR-24704, що сфальцьований на питаннях «універсальної кабельної інфраструктури для підключення бездротових точок доступу усередині приміщення». Складений у період становлення корпоративних систем Wi-Fi, він містить чудове передбачення росту можливостей сучасних бездротових технологій.

Установлюючи стандарти кабельної інфраструктури для бездротового доступу, звіт TR-24704 пропонує оптимальну схему розміщення точок бездротового доступу. Як модель мережі NGN пропонується масив із прилягаючий друг до друга шестикутних стільників (осередків). Крім цього, передбачається використання всіспрямованих антен, із круговим випромінюванням у кожній соті. При правильній розстановці досягається мінімальне й одночасно оптимальне покриття сусідніх стільників.

Для досягнення більше високої ємності зона покриття кожного стільника обмежений радіусом 12 м. TR-24704 рекомендує розміщати телекомунікаційні розетки якнайближче до центра стільники. Це забезпечує максимальну гнучкість при установці окремих точок доступу й найкраще покриття.

Незбаром після появи документа TR-24704, Асоціація TIA представила свої рекомендації з реалізації кабельної інфраструктури для підключення бездротових точок доступу. Документ TIA TSB-162 припускає створення сітки із квадратних осередків зі стороною 18 м. Такий підхід більше відповідає типовому плануванню в Північній Америці, він спрощує проектування й інсталяцію. Точки доступу розміщуються при можливій довжині шнура підключення до 13 м. Передбачаючи прийняття стандарту IEEE 802.11ac, укладачі нової редакції цього документа рекомендували використовувати кабельну проводку Категорії 6A, щоб забезпечити достатню пропускну здатність і підтримку систем Power-over-Ethernet (PoE) зі збільшеною потужністю.

До кінця 2012 року Асоціація TIA прийняла ще один стандарт розраховуючи на високу щільність розміщення точок доступу. Документ TIA-4966 призначений для забезпечення бездротового покриття в освітніх установах, але викладені в ньому рекомендації корисні для будь-яких великих приміщень або будинків з високою концентрацією бездротових клієнтів.

При оснащенні великих відкритих приміщень рекомендується при виборі щільності розміщення точок доступу враховувати передбачуване число користувачів. Плануючи покриття для приміщень із декількома секціонованими зонами, необхідно виходити з їхньої

площі. У типовому офісному будинку рекомендується одна точка доступу на кожні 230 м<sup>2</sup>. На менш «дружніх» для радіосигналу об'єктах, наприклад у гуртожитках, пропонується встановлювати по одній точці доступу на кожні 150 м<sup>2</sup>.

### **Планування бездротової мережі NGN доступу**

Незважаючи на різницю в рекомендаціях, які пропонуються в зазначені вище стандартах, кожний з них може допомогти ІТ-фахівцям у проектуванні ефективної WLAN з високою ємністю. Але, звичайно, для цього потрібно й більше глибоке розуміння специфіки даного процесу.

Щоб повною мірою використовувати переваги таких технологій, як 802.11ac, необхідно враховувати електромагнітну обстановку на об'єкті, рівень перешкод і їхніх джерел, майбутню потребу в ємності мережі NGN, вимоги до кабельної проводки й забезпечення електроживлення. У рамках цієї статті ми не зможемо дати вичерпний аналіз розглянутої тут теми, але постараємося представити основні рекомендації з побудови кабельної інфраструктури й викласти загальні ідеї планування й реалізації ефективної мережі NGN точок доступу.

В ідеалі розробка кабельної мережі NGN і аналіз радіопокриття повинні здійснюватися в комплексі – це дозволить забезпечити максимальну ємність і гнучкість для задоволення поточних і майбутніх потреб кінцевих користувачів. На практиці структури, описані в документах TIA TSB-162-а й ISO/IEC TR 24704, мають явні переваги, особливо для застосування в нових будинках.

У новому будинку кабельна сітка (pre-cabled grid) для підключення точок доступу й структурована кабельна система для ІТ- і іншого встаткування можуть розроблятися й інстальоватися в те саме час. Після того як кабельна сітка змонтована, бездротова інфраструктура на об'єкті може бути встановлена в будь-який час, причому незручності для співробітників будуть мінімальними. При визначенні місця для установки точок доступу рекомендується проводити радіочастотне обстеження, що дозволить оптимізувати розташування ТД у кожній конкретній соті (осередку).

### **Радіочастотне планування**

Для нових інсталяцій більшість виробників устаткування WLAN рекомендують проводити радіочастотне обстеження об'єкта. В умовах, коли запити до ємності мінімальні й немає яких-небудь спеціальних вимог, досить лише оцінити умови поширення радіохвиль. В інших випадках може знадобитися більше ретельний аналіз, у тому числі питань, пов'язаних з перешкодами, продуктивністю й безпекою. Оскільки новий стандарт 802.11ac припускає істотне збільшення числа одиниць мережного встаткування й обсягу трафіку, виконання ретельного аналізу об'єкта стає дуже важливим – необхідно переконатися в тому, що мережа буде повністю відповідати як поточним, так і майбутнім вимогам до бездротового зв'язку.

Використовуючи подібний інструментарій, наприклад Wi-Fi-аналізатор AirMagnet компанії Fluke Networks, можна змоделювати характеристики бездротової мережі NGN на конкретному об'єкті, оптимізувавши розміщення точок доступу. Ця програма дозволяє ввести план об'єкта, указати місця установки точок доступу й побачити картину радіопокриття в порівнянні з реальною. Крім того, вона забезпечує генерацію звітів і може бути інтегрована із засобами керування WLAN, що робить її використання ідеальним інструментом для проектування бездротової мережі NGN.

Ослаблення сигналу може бути пов'язане з рядом факторів, включаючи наявність поглинаючих матеріалів, таких як шафи й устаткування, або структурних перешкод – бетонних стін або сталевих перебирань. Це пояснює різке падіння потужності сигналу на стороні об'єкта, протилежної тій, де встановлена точка доступу.

Гарне покриття забезпечене практично скрізь, де раніше (при наявності тільки однієї точки доступу) сигнал була слабкий. Таке розташування типово для рішень 802.11n, коли точки доступу використовують канали, що не перекриваються. Забезпечуючи непогане радіопокриття, така конфігурація має обмежені можливості для більше інтенсивного використання Wi-Fi.

Перший крок у плануванні високопродуктивної мережі NGN – поділ об'єкта на сітку осередків (стілників) відповідно до рекомендацій ТІА TSB-162-а або ISO / IEC TR 24704. Цю сітку можна пристосувати й для задоволення потреби в кабельній проводці з боку інших систем будинку. Такий інтегрований «відкритий» підхід (з певною волею вибору місця розміщення телекомунікаційних розеток) до реалізації СКС має як короткострокові, так і довгострокові переваги. При використанні сітки із квадратними осередками (згідно TSB-162-A) положення й щільність точок доступу можна міняти відповідно до заповнюваності конкретної області. Наприклад, у зоні з переговорними кімнатами буде потрібно кілька точок доступу, а в лабораторії можна обійтися їхнім мінімальним числом.

Зверніть увагу на те, що фактичне розміщення точок доступу ґрунтується на поточному використанні простору, тоді як грамотно спроектована кабельна проводка повинна забезпечити можливість майбутніх змін. По завершенні формування сітки осередків варто вибрати кабельну проводку, здатну підтримати майбутні потреби.

Попереднє планування всієї проводки може значно спростити інсталяцію, а також наступну модернізацію, технічне обслуговування й ремонт мережі NGN.

#### **Розміщення й підключення точок доступу**

Крім моделювання радіочастотного середовища й планування ємності, при проектуванні розміщення й підключення точок доступу необхідно продумати фізичну доступність, організацію розподільної мережі NGN і електроживлення, а також загальну естетику інсталяції.

Фізична доступність. Грамотний вибір місця установки допоможе заощадити на обслуговуванні й модернізації й у цілому знизити експлуатаційні витрати. Дуже часто доступ до встаткування бездротового зв'язку ускладнений. Нерідко ТД розміщують над фальшпотолком або в закритих шафах, що вимагає прокладки кабелів у подпотолочному просторі. Але монтаж на стіну або на стелю все-таки переважніше. Це дозволяє завжди бачити індикатори стану ТД.

Треба ретельно підійти й до вибору місця розміщення телекомунікаційної розетки. Гарна доступність розетки, її розташування поруч із точкою доступу дозволять легко провести тестування лінії зв'язку й швидко відключити точку доступу для обслуговування або ремонту.

Розподільна мережа. У мережі NGN традиційної топології телекомунікаційна розетка, використовувана для підключення ТД, прямо зв'язана горизонтальним кабелем з комутаційною панеллю, що перебуває в телекомунікаційній кімнаті на тому же поверсі. Альтернативний варіант – зонна архітектура, що може забезпечити легку установку, високу гнучкість і потенційно більше низькі експлуатаційні витрати.

У зонній моделі кабелі прокладаються від апаратної кімнати до конкретних виділених зон у будинку. Фіксована проводка закінчується на рівні точки консолідації (Consolidation Point, CP), звідки кабелями здійснюється підключення телекомунікаційних розеток для ТД. Такий підхід забезпечує максимальну гнучкість при розміщенні першої розетки в кожному осередку, залишаючи необхідні ресурси для підключення додаткових розеток. Це може бути надзвичайно корисно в ході модернізації існуючих мереж: при грамотно обраному місці установки точки консолідації довгі джгути кабелів, що йдуть із телекомунікаційної кімнати, можуть бути зафіксовані в кабельних важкодоступних каналах. При наявності фіксованої проводки інсталятори одержать «волю маневру» при прокладці подовжувальних кабелів для підключення до точки консолідації телекомунікаційних розеток, які можуть використовуватися для обслуговування ТД або іншого встаткування інтелектуального будинку.

Електроживлення. Якщо точки доступу будуть підключатися до звичайної електромережі NGN, необхідно погодити всі дії зі службою головного енергетика, що у випадку високоплотних інсталяцій з використанням пленумного простору зробити досить складно. Із цієї причини більшість точок доступу сконструйовано для одержання електрики по слабкострумової СКС – за технологією PoE. Для забезпечення надійної роботи



встаткування (особливо тих точок доступу, які встановлюються в закритих місцях або будуть експлуатуватися в складних кліматичних умовах) рекомендується перевірити канал PoE.

Вимоги до живлення нових точок доступу стандарту 802.11ac можуть виявитися більше твердими. Проектувальникам варто розглянути можливість прокладки щонайменше двох кабелів Категорії 6А до кожної точки доступу. Крім резервування каналу зв'язку, це допоможе організувати резервне живлення, і точка доступу зможе функціонувати навіть у випадку виходу з ладу одного з комутаторів або інжекторів PoE, до яких вона підключена.

Естетичні міркування. Бажано зробити все так, щоб кабельна проводка для точок доступу, включаючи телекомунікаційні розетки й шнури підключення, була схована або хоча б не впадала в око. Для цього намагаються задіяти елементи структури будинку, але коли неприпустимо торкатися унікальної архітектури й/або дизайн інтер'єра, доводиться шукати вихід з положення. У кожному конкретному випадку деталі розміщення елементів інфраструктури повинні обговорюватися із клієнтами.

### **Вибір типу кабельної проводки**

З погляду топології кабельні канали для підключення точок доступу відносяться до горизонтальної підсистеми – як і звичайна офісна проводка, прокладена від телекомунікаційної кімнати до телекомунікаційних розеток. У більшості сучасних інсталяцій усередині приміщень використовується витопарна проводка Категорії 6. Ця категорія забезпечує необхідну пропускну здатність для розподільної мережі NGN і може підтримувати PoE Plus (IEEE 802.3at) – оновлений стандарт для систем PoE з максимальною потужністю живлення до 25,5 Вт. Для підключення нових, більше швидкісних рішень 802.11ac варто віддавати перевагу Категорії 6А.

Більшість точок доступу оснащені портами Ethernet RJ-45, сумісними з витопарним кабелем. Проте деякі пристрої мають порти для багатомодового оптичного волокна із з'єднувачами LC. Як правило, вони використовуються в точках доступу, призначених для установки поза приміщеннями або коли довжина кабелів повинна перевищувати 100 м. У цьому випадку для забезпечення достатньої пропускну здатності до кожної ТД необхідно прокласти щонайменше дві пари волокон OM3 або більше високі класи. При підключенні по волокну для точок доступу прийде організувати локальне електроживлення.

### **Інсталяція в нових будинках і модернізація існуючих проектів**

Очевидно, що при розгортанні бездротової мережі NGN у новому будинку, де ще не встановлені внутрішні перегородки, є набагато більше можливостей, ніж при модернізації старих проектів. У цьому випадку має сенс зосередитися на оптимізації покриття й забезпеченні більшої гнучкості для майбутнього росту й різних перетворень. Бажано керуватися схемою сітки осередків і рекомендаціями з розміщення точок доступу, викладеними в TIA TSB-162-а й ISO/IEC TR 24704. У проекті може передбачатися зонна архітектура або прокладка кабелю в центр кожного осередку, але треба мати на увазі, що зонна схема забезпечує максимальну гнучкість для наступних модернізацій і оптимізацію витрат на внесення змін. Якщо перегородки й меблі вже встановлені, проектувальникам варто провести радіочастотне обстеження для визначення оптимального місця розміщення кожної точки доступу.

При інсталяції мережі NGN у вже експлуатованому будинку потрібні ретельна оцінка об'єкта й індивідуальний підхід до підключення точок доступу. Планування повинне ґрунтуватися на докладній інформації про радіочастотну обстановку й особливості прокладки кабелів у вже використовуваних приміщеннях. Таким чином, настійно рекомендуємо IT-фахівцям заздалегідь виконати радіочастотний аналіз із обліком планованої пропускну здатності. Особливу увагу необхідно звернути на ті області, де потрібне спеціальне покриття або передбачається ріст ємності.

Після завершення аналізу починається розробка кабельної стратегії для розміщення телекомунікаційних розеток і точок доступу. При цьому треба передбачити й урахувати наступне:

- доступ до стельового простору для організації кабельних каналів від телекомунікаційних розеток до кожної точки доступу;
- наявність і близькість розподільних кабельних каналів для запланованих підключень точок доступу;
- архітектурні й естетичне рішення для маскуванню точок доступу й кабельної інфраструктури;
- особливості радіочастотного покриття.

Рекомендована в ТІА TSB-162-а або TR 24704 схема осередків є кращою, але не завжди реалізованою, особливо в модернізуємих середовищах. Якщо наявні розподільні кабельні канали заповнені або не підтримують цю схему, буде потрібно прокладка додаткових каналів. У цьому випадку з метою досягнення найкращого покриття й підтримки майбутнього росту варто вибрати зонну архітектуру.

#### **Рекомендації**

ІТ-фахівцям доводиться виконувати свою роботу в умовах підривного росту числа бездротових пристроїв, що серйозно міняє вимоги до провідних і бездротових мереж. Упоратися із цим ростом допоможе підтримка більше високої швидкості бездротового доступу. Новий стандарт IEEE 802.11ac надає гігабітну швидкість бездротовим клієнтам і вимагає мультигігабітних швидкостей для каналів підключення точок доступу до комутатора доступу або контролера.

Сучасні бездротові точки доступу мають розширені можливості, але й висувають підвищені вимоги до електроживлення. Із прийняттям нового стандарту IEEE 802.3 на технологію PoE до прикінцевих пристроїв по СКС можна буде підводити до 60 Вт. Щоб бути готовим до цих нововведень, фахівці CommScore рекомендують наступне:

- прокласти щонайменше два кабелі Категорії 6А до кожної точки доступу, переважно з використанням зонної архітектури;
- прокласти щонайменше чотири кабелі Категорії 6А розраховуючи на ТД до кожної зонної коробки, щоб забезпечити додаткову ємність для кожної точки доступу або можливість установки додаткових точок доступу із внесенням мінімальних змін у конфігурацію мережі NGN;
- при плануванні прокладки кабелів використовувати описану вище схему осередків, що дозволить легко підключати точки доступу, маючи волю маневру у виборі місця її установки;
- передбачити прокладку багатомодового волокна, коли необхідно забезпечити швидкість вище 10 Гбіт/с або установка здійснюється поза приміщеннями при довжині каналу понад 100 м;
- змішане використання старих і нових бездротових точок доступу обмежити перехідним етапом, оскільки застарілі версії можуть знизити продуктивність мережі NGN;
- провести дослідження об'єкта й оцінку потенційної продуктивності з урахуванням функціональності точок доступу й клієнтів для оптимізації розміщення (і програмування) цих точок і, відповідно, прокладки кабелів.

З моменту появи в 1997 році першого стандарту 802.11 на WLAN ця технологія стрімко розвивалася. Усього за 16 років пікові швидкості передачі даних збільшилися з 2 Мбіт/с до 6,9 Гбіт/с (у стандарті IEEE 802.11ac). За увесь час було розроблено п'ять версій первісного стандарту, а середній проміжок часу між їхнім прийняттям склав усього 42 місяця. І немає ніяких підстав думати, що тенденція збільшення швидкості і ємності WLAN сповільниться після недавнього прийняття IEEE 802.11ac.

Важливо не тільки гарантувати здатність обраних мережних компонентів підтримувати поточні потреби компанії в бездротовому зв'язку – необхідний потенціал для подальшої модернізації в найближчому майбутньому. Серед різних компонентів бездротової мережі NGN кабельна інфраструктура являє собою найбільш складний об'єкт для модернізації.

Щоб не було потрібно міняти кабельну інфраструктуру щораз, коли буде обновлятися бездротова технологія, варто вибрати кабельну систему з довгостроковою – переважно на 20 років – гарантією підтримки додатків, що дозволить бути впевненим у тому, що проводка забезпечить належну підтримку додатків, специфікованих відомими організаціями по стандартизації, протягом багатьох років.

#### **Розробка структурної схеми**

Очікується, що мережа NGN надаватиме кінцевим користувачам усі види послуг. Це початок повсюдного обчислення. Версія NGN-1 визначає параметри безпеки для вирішення проблем безпеки у відкритій мережі на основі IP. Управління NGN забезпечує функцію контролю між послугами NGN та мережевою інфраструктурою. Характеристики мережі NGN: наведені нижче.

- Мережа на основі IP.
- Інфраструктура доступу до кількох послуг.
- Єдина сервісна інфраструктура.
- Конвергенція послуг між стаціонарними та мобільними пристроями.
- Незалежна інфраструктура надання послуг.
- Відкрита архітектура [2].

Покриття NGN доступне як для фіксованих (PSTN і PSDN), так і для каналів мобільного зв'язку шляхом визначення кількох параметрів. Це пов'язано з потужним контролем транспорту NGN, який підтримує середовище в режимі реального часу та поза ним. Ці можливості дозволяють додатково обробляти кілька служб від тестового середовища до мультимедійного середовища. NGN забезпечує QoS, визначений рекомендаціями ITU-T RACF.

NGN забезпечує відкриту архітектуру, визначаючи межу між вертикальним і горизонтальним підходами. Його архітектура базується на двох рівнях:

- Послуги NGN
- Транспорт NGN

Послуга NGN – це інтерфейс для багатьох програм, таких як голосові дані та відео. Усі типи мережевих послуг розгорнуті на транспортному рівні NGN, такі як послуги, орієнтовані на підключення, і послуги без підключення.

NGN – це мережа на основі IP або упакованої мережі з багатьма характеристиками мережі, а також характеристиками послуг, які створили більше можливостей для постачальників послуг Інтернету та операторів мереж. NGN забезпечує відкриту архітектуру, відокремлюючи програми (голос, відео, дані та послуги на основі sip) від технологій транспортного рівня, як показано на малюнку 3. Ця архітектура забезпечує поділ між рівнем доступу та рівнем обслуговування. Відповідно до рекомендацій ITU-T, архітектура NGN була розроблена для таких характеристик:

- Підтримка кількох технологій.
- Пакетна мережа забезпечує розподілене керування.
- Надання послуг не залежить від транспорту NGN.
- Гнучкість дозволяє інтегрувати кілька служб, таких як мультимедійні послуги.
- NGN release-1 забезпечує функції безпеки для відкритих пакетних мереж на основі IP.

Відокремлення послуг NGN від транспорту NGN є найбільшим досягненням мережі NGN. До інфраструктури NGN усі послуги були пов'язані з транспортним рівнем. Таким чином, вони створювали кілька структур передачі для багатьох послуг.

ITU-T представив два варіанти NGN:

- IMS NGN.
- NGN на основі сервера викликів.

Обидва розроблено відповідно до базової архітектури NGN, але з різними підходами. IMS NGN зосереджується на мобільних додатках і фокусується на сервері викликів на фіксованому зв'язку [5].

**IP-мультимедійна підсистема**

IMS був представлений проектом партнерства 3-го покоління (3GPP) як перший варіант у NGN. Було представлено протокол ініціації сеансу, щоб прийняти послуги на основі сеансу. SIP підтримує реєстрацію користувача, автентифікацію та інші заходи безпеки. Служби мультимедійних сеансів і послуги ISDN також підтримуються IMS. NGN IMS забезпечує:

- Авторизація, реєстрація та безпека з'єднання IP.
- Одноядерна інфраструктура для підтримки кількох компонентів керування.
- Підтримка застарілої мережі (взаємозв'язок і взаємодію).
- Відокремлення сеансового та транспортного рівнів.
- Мережа незалежного доступу [6].

**NGN на основі сервера виклику (CSBN NGN)**

CSBN NGN зосереджена на фіксації послуг зв'язку PSTN/ISDN. Для управління ресурсами введено CSCS (сервер керування сеансом виклику). Клієнти CSBN NGN можуть використовувати існуючі термінали, не знаючи про зміни в базовій мережі. CSBN NGN має такі характеристики:

- Підтримує PSTN/ISDN.
- Підтримує IN.
- CSCS відповідає за надання послуг.

У NGN телекомунікаційні послуги надаються мережею, яка базується на пакетній мережі. Крім того, NGN дозволяє використовувати кілька широкосмугових мереж, це дозволяє користувачам отримувати доступ до мереж і давати виклики постачальникам послуг для надання найкращих послуг. Це забезпечує мобільність, завдяки якій надаються надійні та повсюдні послуги.

Постачальники послуг поступово переводять свої мережі на дизайн на основі IP, тоді як глобальний обсяг IP-трафіку стрімко зростає. Клієнти та підприємства використовують мобільні вузли як пристрій ІКТ, а не просто голосовий пристрій. Тому NGN досліджується як заміна застарілої інфраструктури застарілих мереж. Що забезпечує підключення до мобільних вузлів для надання послуг відповідно до очікувань користувачів [7].

**Протоколи NGN**

Для бездоганних мультимедійних послуг у NGN важливо зменшити затримку сигналізації передачі на каналному та мережевому рівнях. Крім того, процедури передачі повинні бути захищені від потенційних небезпек, таких як несанкціонований доступ до мережі, незахищені оновлення прив'язки тощо. З цієї причини процедури автентифікації швидкої передачі повинні виконуватися між мобільними вузлами. Це забезпечує бездоганне з'єднання з кінцевими вузлами. Якість обслуговування (QoS) без шкоди для аспектів безпеки. Ця архітектура розроблена з Інтернет-протоколами IPv4/IPv6, інтегрованими з MPLS, щоб пропонувати послуги різним постачальникам послуг, що працюють у різних мережах та клієнтах. Ядро мережі виконує маршрутизацію та передачу пакетів через різні компоненти, присутні в цій архітектурі. Він приймає технологію комутації пакетів і використовує схему транспортування оптичних волокон для забезпечення інтеграції між етапами даних, завдяки чому ми отримуємо високу узгодженість, доступність з безпекою та гарантований наскрізний QoS, програмне перемикання, зберігання вмісту, механізм керування сервісами, основний комутатор, комутатор класу IP 4/5, периферійний маршрутизатор, UBR і мультиплексор доступу до цифрової абонентської лінії (DSLAM), мережа доступу, проксі-сервер, граничний контролер сеансу тощо є компонентами архітектури IP-MPLS. Програмний комутатор – це програмований комутатор, який встановлює інтерфейс із застарілими мережами через сигнальні шлюзи (SG) і медіа-шлюзи (шлюзи доступу). Шлюз доступу відноситься до обладнання, яке ініціює або завершує стандартну розмову по стаціонарному телефону [8].

**Структурний дизайн NGN**

NGN структурно розроблено для зв'язку майбутніх телекомунікаційних мереж і послуг, а також для задоволення нових потреб у зв'язку зі зростанням нових послуг і



програм (широкосмуговий зв'язок, IPTV, мультимедіа тощо). Деякі групи організацій, такі як ITU та ETSI, є основними працівниками в розробці структури NGN. «TISPAN» Технічний комітет з телекомунікацій та Інтернету приєднався до засобів та процедур для роботи над структурним проектом, що є вимогою сьогодення. Опис TISPAN, відомий як TISPAN NGN R1, був створений постачальниками та операторами зв'язку відповідно до вимог провайдерів. Ключові моменти TISPAN R1 наведені нижче.

- Це дозволяє самоврядний доступ до технологій.
- Підтримує програми для початкового протоколу сеансу (SIP) і не-SIP.
- Підсистема мультимедіа IP (IMS) підтримує програми SIP.
- Він містить дорожню карту для статичних/мобільних розв'язок.
- Гнучкість щодо стандартів інших організацій.

Згадані нижче три рівні визначають повну структуру NGN.

– (ANL)-Мережевий рівень доступу: На цьому рівні кілька типів обладнання підключено для підключення кінцевих користувачів до мереж NGN, таких як вузли мультисервісного доступу (MSAN), які надають численні послуги, такі як телефонія, високошвидкісний доступ до Інтернету та відеопослуги, використовуючи ту саму мідну пару.

– (ENL)-граничний/ядерний рівень мережі: Мережа Edge/Core створює орієнтований на з'єднання шлях для IP без з'єднання за допомогою технології комутації міток MPLS.

– (CL) - контрольний рівень: Цей рівень контролює дані викликів і операторів у мережі. Він складається з Soft Switch (SS).

#### **Тестування мобільності**

Процес, у якому дротові та бездротові системи спілкуються з різними пристроями подібних категорій, цей процес відомий як Машина 2 (M2M). Ці дані процесу мають унікальні властивості, включаючи мінімальну мобільність і офлайн-і онлайн-дані. Аналіз M2M для мережі NGN проводиться шляхом передачі VoIP-пакетів розміром 64 байти між ПК на ПК, з мобільного на мобільний і з мобільного на ПК для чотирьох категорій передачі [9].

#### **Тестування маршрутизування мобільних даних на основі QoS**

Розвантаження мобільних даних – це доставка даних, спочатку призначених для стільникових мереж, за допомогою сумісних мережевих технологій. Операція мобільного розвантаження може бути активована за правилами, встановленими кінцевим користувачем (абонентом мобільного зв'язку) або оператором. Wi-Fi є переважною відповідною мережевою технологією, яка використовується для розвантаження мобільних даних. На основі ідентифікації даних користувач проходить автентифікацію та перенаправляється в певну мережу, щоб звільнити трафік преміум-класу для LTE VOICE.

#### **Протоколи сигналізації в NGN**

У розробці NGN використовується кілька технологій. Архітектура NGN розуміє контрасти між технологіями, які можуть функціонувати на рівні доступу мережі, і тими, що використовуються в ядрі мережі. Основна мережа містить ATM, Ethernet, IP та IP/MPLS, які є чотирма основними транспортними технологіями. Мережі доступу використовують декілька технологій бездротового та дротового доступу, як-от Універсальна мобільна телекомунікаційна система (UMTS), Довгострокова еволюція (LTE), Всесвітня сумісність для мікрохвильового доступу (WiMAX), Надширокосмуговий зв'язок (UWB), Бездротові локальні мережі (WLAN), бездротова персональна мережа (WPAN), Bluetooth, кабель Ethernet, цифрова абонентська лінія (DSL) і оптичне волокно, щоб надати абонентам надійні та завжди доступні послуги. Щоб максимізувати міграцію до архітектури NGN і реалізацію кількох технологій у спільній інфраструктурі, необхідно визначити стандарти. Наполегливі зусилля зі стандартизації ITU-T та інших організацій із розробки стандартів привели до угоди щодо базової моделі архітектури NGN та послуг. Архітектура NGN визначає набір функціональних об'єктів (FE). Кожен FE розміщується в транспортному або сервісному

сегменті архітектури NGN. Транспортний рівень містить корисні функції для передачі даних, а також вихідні функції для передачі даних між взаємодіючими об'єктами [10].

### **Передача сигналізації NGN**

Основні протоколи сигналізації, що використовуються в мережах наступного покоління, описані в попередньому розділі. Усі вони використовуються для підтримки та керування трафіком користувачів і послугами. Можна передавати сигнальні повідомлення за допомогою методів зв'язаного або роз'єданого шляху. У зв'язаному шляху вузли сигналізації повинні бути зібрані за допомогою маршрутизаторів, а вузли шляху даних відповідають за маршрутизацію повідомлень сигналізації. Виділені вузли та маршрутизатори повинні триматися окремо в сигналізації з роз'єднаним шляхом, а сигнальні повідомлення повинні направлятися через вузли, які, як вважається, не знаходяться на шляху даних. У той час як RSVP є зв'язаним шляхом, SIP є роз'єднаним шляхом [11].

Сигнали також можна класифікувати як внутрішньосмугові або позасмугові з точки зору QoS. Припущення, що трафік сигналізації є частиною потоку даних, є попередньою умовою внутрішньосмугової сигналізації QoS. Позасмугова сигналізація QoS передбачає, що виділені пакети, окремі від потоку даних, прийматимуть передачу сигналів. Зовнішня сигналізація використовується для інтегрованих послуг (IntServ), тоді як внутрішньосмугова сигналізація використовується для DiffServ. Через проблеми, спричинені станом ресурсу для кожного потоку в проміжних маршрутизаторах уздовж наскрізного з'єднання, IntServ не підходить для передачі сигналів. Ця додаткова затримка, спричинена процесом побудови шляху, є небажаною через суворі часові обмеження, накладені сигналізацією. DiffServ у мережних маршрутизаторах запобігає накладним витратам сигналізації та ускладненню обробки [12].

### **Механізм якості**

Поведінка структури NGN представляє одну з успішних мереж майже з усіх пунктів, таких як організація, процес, перевірка, автентифікація та більшість схвалення кінцевих користувачів.

### **Середовище NGN**

Основні питання щодо середовища NGN, які розглядаються ITU-T (Рекомендація ITU-T Y.2001, 2004; Рекомендація ITU-T Y.2011, 2004), 3GPP (3GPP TS 23.228, 2006) та ETSI/TISPAN (ETSI ES 282.007, 2006), також в деяких поточних дослідженнях телекомунікацій. Різна логічна структура була запропонована різними організаціями на основі спільних принципів, але вони відрізняються одна від одної щодо фокусування послуг або сфери зв'язку. Була прийнята дворівнева модель, яка відокремлювала транспорт від функцій керування послугами та послугами. Групу з чотирьох основних функціональних можливостей структури NGN можна визнати, як у [13].

### **Функціональні можливості програмного рівня сервісу**

Цей рівень містить сервер, відомий як сервер додатків, на якому представлено та функціонує служба. Крім того, на цьому рівні виконуються дві основні операції, які дозволяють взаємодіяти та запускати служби додатків шлюзу.

### **Функціональні сегменти керування на рівні обслуговування**

На цьому рівні виконуються деякі основні операції, такі як контроль сеансу, активація служби, перевірка та затвердження. Цей рівень розпізнає за стандартом мультимедійної підсистеми IP (IMS). Цей стандарт дозволяє контролювати базову мережу та активацію послуг тощо.

### **Функціональні функції арбітра від сервісного рівня до транспортного рівня**

Щоб забезпечити попит на реалізацію проміжного шару, цей рівень був необхідний для оперативної роботи. Підсистема мережевого підключення дозволяє кінцевим користувачам входити в екосистему NGN і послуги NGN і терпіти ефекти транспортного рівня. Підсистема керування ресурсами та доступом виконує завдання розподілу ресурсів на основі політики та обіцянок QoS.

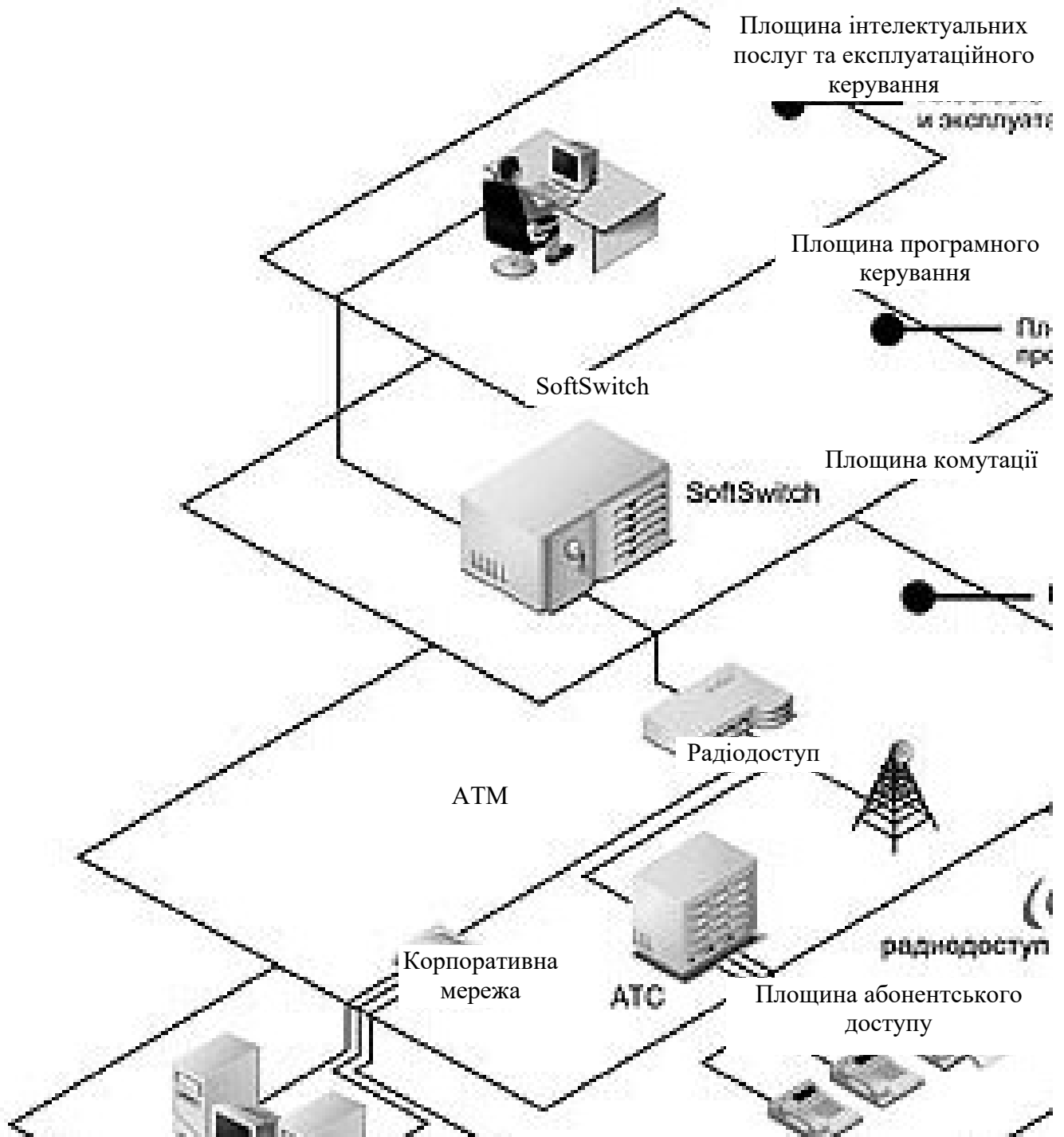


Рисунок 1 – Структурна схема системи

### Функціональні функції транспортного рівня

Основною функцією цього рівня є забезпечення IP-з'єднання для доступу до рівня обслуговування. Тепер якість обслуговування гарантується шляхом застосування послідовної роботи для переміщення трансляції та організації, досягнення досконалості та безпеки, ці параметри не входять до діапазону мереж наступного покоління. поточна мережева структура наступного покоління включає такі фундаментальні операції, як дозволена структура для керування сеансами, активація послуг, контроль доступу, адміністрування користувачів і обіцянка якості, тоді як інші операції є важливими для виконання певних завдань, наприклад, питань щодо програми, керування, підтримки миттєвої потокової передачі, припинення доступу тощо [14]

## Мережа PSTN

За останні десятиліття ми спостерігаємо величезні зміни у світі телекомунікацій, який раніше базувався переважно на голосових послугах. Телефонна мережа загального користування (PSTN) є основною інфраструктурою голосового зв'язку. Згодом PSTN було розроблено для інтеграції більш просунутих послуг, таких як дані та відео.

У сьогоденнішому середовищі різні постачальники телекомунікаційних послуг пропонують різноманітні інфраструктури послуг. Ці служби інтегровані за допомогою різних протоколів і методів. Складність була дуже високою через численні стандарти від різних постачальників. Для мінімізації цього рівня складності було розроблено уніфіковану комунікаційну модель NGN (Мережа наступного покоління). Перехід від старої інфраструктури (з точки зору технології, інфраструктури, послуг і системних аспектів) до нової моделі був дуже складним завданням. Більшість постачальників послуг покладаються на послуги NGN, щоб підтримувати ринковий попит. NGN надає послуги Triple Play на основі базової IP-мережі. Різні типи послуг інкапсулюються в IP-пакети та надсилаються через мережу. Це знижує рівень складності, а також витрати на експлуатацію та обслуговування. Проблеми QoS також вирішуються мережею NGN [15]. Телефонна мережа загального користування (PSTN) є найстарішою та найвідомішою телекомунікаційною інфраструктурою. Він надає голосові послуги за допомогою мережі з комутацією каналів. Комутація каналів – це спеціальний телекомунікаційний канал між двома кінцевими користувачами.

**Висновки.** У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих систем проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN; Досліджена система проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання проектування архітектури корпоративних мереж побудованих на технології бездротової NGN. 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., Yenchey, 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., Kiiian 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., Kiiian, 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.