

УДК 004

Р.Маляренко, магістр гр. КН-22МЗ,
Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ, ПОБУДОВАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖ NGBASET

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT. Об'єктом дослідження є процес моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT. Предметом дослідження є методи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT. Методи дослідження базуються на методах хмарних технологій, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Технічний білий документ від CommScore надає детальну інформацію про останні розробки IEEE для NGBASE-T і відповідних специфікацій кабелів в Асоціації телекомунікаційної промисловості (TIA) у Сполучених Штатах (США) і в ISO/ IEC на підтримку цієї програми. Як зазначено в документі, «NGBASE-T означає наступне покоління BASE-T, додаток Ethernet, що перевищує 10 Гбіт/с через виту пару або збалансований кабель. IEEE 802.3 NGBASE-T Call for-Interest (CFI), що призвело до формування дослідницької групи для дослідження та, можливо, розробки цієї технології. Основним застосуванням цієї технології є середовище центру обробки даних для з'єднань між серверами та комутаторами в межах ряду, як правило, називають архітектурою кінця рядка або середини рядка.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-20] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBASET.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.

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

- Огляд існуючих систем моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.
- Дослідження системи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.
- Програмна реалізація системи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.

Предметом дослідження є методи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.

Методи дослідження базуються на методах хмарних технологій, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Системи моніторингу центрів обробки даних працюють за тими ж принципами, що й моніторинг будь-якої іншої технічної системи. Вони передбачають постійний і систематичний збір подій і даних про продуктивність технічних систем, їх обробку, аналіз і представлення інженерам. Інженери центрів обробки даних повинні постійно спостерігати за працездатністю системи та оперативно реагувати на будь-які існуючі або загрозові деградації чи несправності.

Моніторинг центру обробки даних є специфічним, оскільки включає моніторинг ІКТ та систем підтримки центру обробки даних, а також кореляції між ними. Існує багато систем, про які варто потурбуватися, коли йдеться про центр обробки даних, і наведено нижче системи, що стосуються центру обробки даних:

- Джерела живлення: ДБЖ (батареї, запобіжники/вимикачі, перемикачі), генератори електроенергії (напруга, рівень палива, температура, рівень масла тощо), електромережа.
- Розподіл електроенергії (стійкові та підлогові PDU, дистанційні панелі живлення – RPP, стійкові автоматичні перемикачі – ATS, шини)
- HVAC (опалення, вентиляція та кондиціонування повітря, установки CRAC тощо)
- Датчики навколишнього середовища (температура, вологість, потік повітря)
- Фізична охорона (датчики диму/пожежі, двері, дверні замки, блоки контролю доступу, камери тощо)

Звичайно, ІКТ (комунікаційні та обчислювальні) системи також є центром моніторингу центру обробки даних (мережа, сервери, сховища, мережа зберігання даних, стрічкові бібліотеки, платформи віртуалізації, контейнерні платформи, а також моніторинг на рівні додатків). Належні рішення для моніторингу центру обробки даних забезпечать повне уявлення про всі згадані вище системи.

Ключові аспекти моніторингу ЦОД

Електромережа та трансформатори

Основним джерелом живлення в центрі обробки даних є електромережа, яка зазвичай має високу напругу (залежно від оператора електропостачання, напруга від 10 кВ до 35 кВ). Стан комунальної мережі зазвичай визначається спеціалізованими датчиками, які надають дані в реальному часі, такі як напруга, потужність для фаз і температура обладнання. Дані використовуються для виявлення відключень електромережі, коливань напруги, фазового балансу потужності та інших даних, важливих для належного моніторингу електроенергії.

Далі енергія високої напруги перетворюється на трансформатори, які забезпечують потужність низької напруги (0,4 кВ), яка використовується обладнанням центру обробки даних. Багато великих центрів обробки даних відстежують специфічні для трансформатора структурні параметри, такі як температура, рівень і якість масла, вологість, вібрація, газ (DGA – аналіз розчинених газів), температура обмотки, стан перемикача, а також параметри обслуговування, такі як навантаження, використання та коефіцієнт потужності. Усі ці параметри мають вирішальне значення, щоб гарантувати відсутність серйозної несправності трансформатора, оскільки заміна цих блоків займає багато місяців і спричиняє величезні витрати. Дані зазвичай надаються спеціалізованими системами, реалізованими всередині трансформатора, або датчиками, доданими поверх стандартного трансформаторного обладнання.

Резервні генератори, ДБЖ, батареї, перемикачі

Резервні генератори електроенергії є невід'ємним компонентом кожного центру обробки даних, коли енергосистема відключається. Вони повинні забезпечувати достатню потужність для роботи всього центру обробки даних, доки енергомережа не запрацює знову, і забезпечення їх запуску в разі потреби має вирішальне значення для безвідмовної роботи центру обробки даних. Тому моніторинг генераторів електроенергії також важливий. Параметри, які необхідно постійно контролювати, включають рівень і якість палива, рівень і якість масла, температуру двигуна, рівень охолоджуючої рідини і її температуру (як в режимі

очікування, так і в активному стані), а також напругу і ємність стартової батареї. Хорошою практикою є проведення тест-драйвів силового двигуна, як правило, щотижня або щомісяця, під час яких можна перевірити, чи всі системи працюють належним чином і чи двигун надійно запускається. Під час цього тест-драйву, а також під час фактичної роботи силового двигуна, необхідно додатково контролювати навантаження двигуна та його використання, вихідну напругу та струм, частоту обертання двигуна, частоту генерованої напруги/струму, рівень вібрації, температуру вихлопних газів та викиди газів для перевірки екологічності.

У деяких центрах обробки даних система моніторингу використовується для виявлення випадків, коли основний резервний генератор електроенергії не запускається вчасно. Інженери оперативно сповіщаються про ситуацію та можуть ініціювати запуск вторинних резервних генераторів дистанційно або вручну.

Джерело безперебійного живлення (UPS) виконує дві важливі ролі: воно забезпечує буфер між відключенням електроенергії від мережі та запалюванням резервного генератора (до кількох хвилин), а також стабілізує та кондиціонує вихідну потужність, усуваючи будь-які стрибки, стрибки та інші аномалії. Його основним компонентом є набір батарей, які використовуються для накопичення електричної енергії під час нормальної роботи та забезпечення живлення під час відключення електроенергії.

Тому моніторинг ДБЖ має вирішальне значення, щоб уникнути збоїв у електроживленні, а основні параметри, що контролюються, включають стан батареї (нормальний, низький, розряджений), час роботи від батареї, час роботи від батареї, заряд батареї, вологість, температуру, струм батареї, загальне навантаження на ДБЖ, напругу вхідної лінії та вихідну напругу. Моніторинг гарантує, що інженери розуміють, які батареї потрібно замінити і коли, а також які оновлення необхідні для забезпечення нормальної роботи постійного струму.

Перемикачі – це пристрої, які використовуються для безперервного перемикання електричного навантаження від одного джерела живлення до іншого. Автоматичний перемикач перемикання (ATS) автоматично визначає несправність основного джерела та автоматично перемикається на вторинний. Вони є частиною ДБЖ, але також можуть використовуватися в стійках центру обробки даних для забезпечення резервного живлення для пристроїв, що мають один блок живлення. Такі комутатори можна ефективно контролювати та використовувати для надання інженерам необхідних даних під час будь-якого переривання живлення в центрі обробки даних.

Розподіл потужності

Блок розподілу електроенергії (PDU) є важливим компонентом системи розподілу електроенергії центру обробки даних. Зазвичай це пристрій із кількома розетками, які використовуються для підключення кінцевих пристроїв. PDU бувають різних форм і форм. З точки зору розміщення, це можуть бути PDU для стійки або підлогові PDU, які використовуються в невеликих розгортаннях. Великі центри обробки даних розгортають корпусні PDU, які розміщуються в окремих шафах у центрах обробки даних, поруч із кількома стійками, до яких вони подають живлення. Іншим компонентом, що використовується у великих центрах обробки даних, є віддалені панелі живлення (RPP), які використовуються для розподілу електроенергії на групу стійок (наприклад, цілу кімнату обробки даних), і ДБЖ зазвичай підключаються до RPP. У деяких центрах обробки даних використовується технологія Busway, яка виступає в якості одного з елементів розподілу електроенергії.

Для оптимальної роботи та керування центром обробки даних усі ДБЖ, RPP та шини повинні керуватися дистанційно. Це означає, що всі компоненти можуть надсилати статуси та дані продуктивності в центральну систему моніторингу/управління. Можна контролювати фазне навантаження, стан переривань/запобіжників, поточне навантаження та отримувати повідомлення про ефективність тощо. Дані вимірювань також важливі для контролю правильного балансу фазного навантаження.

У центрах обробки даних спільного розміщення дуже важливо, щоб PDU забезпечували споживання електроенергії на розетку, оскільки це є основою для нарахування плати за енергоспоживання для кінцевих клієнтів. Він також використовується для розрахунку доступності електроенергії для кінцевих клієнтів і перевірки узгоджених параметрів SLA.

Вимірювання загального розподілу електроенергії постійно контролюються для розрахунку загального енергоспоживання та ефективності розподілу електроенергії, а також вхідних даних для розрахунку одного з основних KPI центру обробки даних: PUE. PUE означає ефективність використання електроенергії і визначається як відношення загальної потужності об'єкта до загальної потужності обладнання.

HVAC/CRAC і датчики навколишнього середовища

Кондиціонер повітря (HVAC) відповідає за підтримку температури, вологості та якості повітря на рівні, необхідному для ІТ-обладнання. Це складна система, яка повинна бути адаптована до розсіювання тепла, щільності та теплової конструкції приміщення. Це досягається правильним розгортанням блоків CRAC (кондиціонування повітря в комп'ютерній кімнаті). Незалежно від внутрішньої надлишковості системи, необхідний постійний моніторинг багатьох параметрів, щоб гарантувати її належну роботу: статус охолодження, осушувача, опалення, потужність компресора, тиск і температуру в різних секціях системи тощо. Встановлення високих/низьких значень для тиску, температури, потоку рідини та інших параметрів має вирішальне значення для виявлення будь-яких загроз належному кондиціонуванню в центрі обробки даних.

Однак продуктивність HVAC/CRAC також визначається шляхом непрямих вимірювань параметрів середовища в центрі обробки даних.

Одним з важливих аспектів кондиціонування повітря є забезпечення того, щоб холодне повітря CRAC досягало всіх секцій центру обробки даних, як планувалося. Для цього дата-центр оснащений датчиками, які вимірюють потік повітря, температуру та вологість. Датчики розміщуються (або мають бути) над і під підлогою та, можливо, у комп'ютерних стійках. Необхідно постійно контролювати ці параметри та доступність датчиків, щоб переконатися, що контроль охолодження та вологості працює за планом, і що є можливість контролювати параметри.

Безпека та фізична безпека

Безпека в центрі обробки даних забезпечується за допомогою вимірювань датчиків, пов'язаних із виявленням диму/пожежі та затоплення. Моніторинг може легко виявити дим і співвіднести його зі станом системи пожежогасіння. Якщо пожежогасіння залишається неактивним у разі пожежі, інженери можуть вжити заходів для ручного запуску вогнегасників або вжити інших необхідних заходів.

Датчик затоплення встановлено для виявлення води у разі катастрофічних подій, але частіше для виявлення води через конденсацію або витік теплоносія з системи HVAC. У таких випадках моніторинг центру обробки даних може допомогти вжити належних заходів.

Фізична безпека дата-центру реалізується за допомогою камер відеоспостереження всередині об'єкта та по периметру дата-центру. Тому важливий контроль за доступністю та справною роботою всіх камер. Контроль фізичного доступу складається з ряду елементів, які необхідно контролювати для належної роботи, а також їх фактичного стану. Сюди входять зчитувачі карток доступу, біометричні зчитувачі, клавіатури, контактні панелі, дверні контролери, дверні замки та електричні замки, турнікети, детектори руху та інші елементи.

Система відеоконтролю поєднується з контролем доступу, щоб забезпечити повний контроль над доступом до об'єктів ЦОД. Система моніторингу центру обробки даних може легко співвідносити статуси елементів, щоб надати повну інформацію про потенційні загрози. Наприклад, сигналізацію неавторизованого розблокування дверей стійки можна збагатити посиланням на відеоканал, який зосереджується на стійці для перевірки стану.

Моніторинг ІКТ систем

Тепер, окрім специфічних аспектів моніторингу центру обробки даних, повний потенціал моніторингу центру обробки даних досягається лише шляхом поєднання його з «класичним» моніторингом системи ІКТ. Це включає в себе моніторинг комунікаційних мереж, серверів (фізичних і віртуальних), мереж і систем зберігання даних, систем резервного копіювання та архівування, операційних систем, баз даних і програм.

Ще одним аспектом, який сприяє повній безпеці, є ІТ-безпека, яка зазвичай реалізується за допомогою передових систем моніторингу та виявлення загроз, які зазвичай використовуються в Центрах безпеки (SOC).

Розглянемо технологію NGBaseT, на основі якої будуються центри обробки даних. Сервери й мережне встаткування з підтримкою технології 40 Gigabit Ethernet уже присутні на ринку, тому надзвичайно важливим стає проектування мереж передачі, які в найближчому майбутньому дозволять перейти на такі швидкості. Комітети зі стандартизації IEEE, TIA, ISO/IEC розробляють вимоги до електричних і фізичних характеристик трактів, які дозволять використовувати кручену пару як середовище передачі для 40Gb. Ethernet є найпоширенішою технологією організації фізичного рівня мережі передачі даних. Головна причина її успіху полягає в тому, що, незважаючи на експонентний ріст обсягів переданих даних, вартість передачі (у перерахуванні на біт) зберігається на розумному рівні. Крім цього, популярності Ethernet сприяли низька вартість і простота впровадження, легкість в обслуговуванні й широкі можливості вдосконалення. І хоча швидкість передачі даних за три десятиліття існування Ethernet зросла на кілька порядків, швидкий розвиток таких сервісів і додатків, як стільникові мережі 4G, потокове відео, хмарні сервіси, вилучене зберігання й відновлення даних і інші, висуває надзвичайно високі вимоги до швидкості передачі даних, особливо в межах ЦОД. Як середовище передачі даних для Ethernet використовуються кабелі на основі оптичного волокна або кручений пари. Спочатку при освоєнні нових рубежів швидкості Ethernet реалізовувалася по волоконній оптиці, однак через деякий час аналогічні швидкості виявлялися досяжні й із застосуванням крученопарного середовища передачі. Укупі з більшою низькою вартістю розгортання це прискорювало широке поширення чергового більше швидкісного варіанта технології. У цей час кабельні системи на основі кручений пари найбільше широко поширені в локальних мережах, особливо на рівні горизонтального розподілу сервісів Ethernet. Але й у ЦОД кручена пари застосовується в значних обсягах, оскільки однаково придатна для різних типів архітектури, використовуваних при побудові центрів обробки даних (Top of Rack, Middle of Row, End of Row). Максимальна швидкість передачі даних, забезпечувана крученопарною проводкою, становить поки 10 Гбіт/с. Відповідний стандарт, IEEE 802.3ap, де визначаються параметри протоколу передачі Ethernet на 10 Гбіт/с (10GBase), був опублікований у червні 2006 року як підсумок трирічної роботи з розробки вимог до нового протоколу з урахуванням збереження сумісності з попередніми версіями Ethernet і існуючими топологіями мереж. Мережні топології, які повинен був підтримувати новий протокол, розроблялися з обліком уже існуючих топологій, призначених для підтримки більше низьких швидкостей передачі, і були орієнтовані переважно на розгортання кабельних мереж в офісах, а не центрах обробки даних з їхніми специфічними особливостями. У результаті активне встаткування, призначене для передачі 10 Gigabit Ethernet, повинне було підтримувати тракт передачі довжиною до 100 м, що містить 4 з'єднувачі (як для екранованого, так і неекранованого варіанта). Ці вимоги накладали значні обмеження на конструкцію активного мережного встаткування (позначуваного звичайно як РНУ) і тим самим значно затримали вивід нової технології на ринок. Робоча група, що розробляє стандарт IEEE 802.3bq і відповідальна за визначення вимог до Next Generation Base, виділила деякі аспекти, пов'язані з кабельною проводкою, оптимізація яких дозволить прискорити вивід на ринок нового протоколу передачі даних. Нижче розглянемо ці основні можливості, що відкривають шлях до поліпшень.

Топологія мережі розраховуючи на більше короткі лінії

NGBase (40GBase) розробляється головним чином для застосування в ЦОД, де відстані між активним устаткуванням (від комутатора до сервера або до пристрою зберігання даних) значно менше, ніж в офісних мережах. Менша довжина трактів передачі означає допустимість більше високих значень для відношення сигнал-шум, що, у свою чергу, сприяє скороченню енергоспоживання активного устаткування. У цей час зниження цього показника є одним з найважливіших факторів, прийнятих в увагу замовниками.

Використання винятково екранованої проводки

Такий вибір дозволить зменшити вплив міжкабельних наведень (Alien Crosstalk – наведення, що виникають між прилеглими кабелями). Оскільки вимоги до рівня міжкабельних наведень були одними з найважливіших для коректної роботи протоколу 10GBase, системи, де застосовувалася неекранована елементна база, виявлялися значно більше сприйнятливими до цього параметра. Сьогодні більшість виробників кабельних систем згодні з тим, що забезпечити дотримання необхідних характеристик і, відповідно, надійну роботу NGBase (40Gb) можна тільки при використанні екранованої елементної бази. У результаті ті вендори, які раніше лобювали неекрановані кабельні системи для підтримки 10GBase, погодилися з необхідністю застосування винятково екранованого варіанта в новому стандарті.

Вироблення однакових вимог до крученопарної елементної бази з боку TIA і ISO/IEC

Обидві організації (американська і міжнародна) розробляють стандарти на кабельні системи відповідно до вимог робочої групи IEEE до передатних характеристик для протоколу 40GBase. Виробіток однакових вимог до передатних характеристик дозволить уникнути плутанини (як це було у випадку 10GBase), що відбувається через те, що вимоги до окремих параметрів з боку TIA відрізняються від вимог ISO/IEC.

Робочі групи розглядають два можливих сценарії:

- перший позначається як Class I або Категорія 8 (залежно від комітету зі стандартизації) і базується на елементній базі Категорії 6A;
 - другий – як Class II і передбачає використання елементної бази Категорії 7A.
- Обидва сценарії припускають збільшення частотної межі до 2 ГГц.

Облік внутрішнього компонування активного встаткування при моделювання каналу (Channel)

Облік впливу цих елементів (магнетики, розведення плат і т.п.) на модель кабельної системи на етапі визначення вимог повинен сприяти зменшенню перекручувань сигналу при передачі й, як наслідок, скороченню споживання енергії для його обробки.

З'єднувачі для 40GBase

Як і інші учасники ринку, фахівці TE Connectivity беруть активну участь у діяльності профільних робочих груп у складі комітетів зі стандартизації. Тим часом інженери компанії працюють над поліпшенням конструкції з'єднувача, в основу якого покладений добре відомий інтерфейс RJ45. Результатом цих зусиль стало досягнення вимог, заданих TIA Cat.8 (драфт 0.9 від 9 серпня 2013) і ISO/IEC Class I (драфт N2121 від 17 квітня 2013), при цьому забезпечується зворотна сумісність із існуючими сервісами Ethernet.

Передбачаючи потребу в з'єднувачах для високошвидкісної передачі даних, ще в 2007 році TE Connectivity розробила й випустила модульне гніздо AMP-TWIST 7AS SL Jack. Воно має частотну межу в 1000 МГц і має всі особливості, властивим продуктам серії AMP-TWIST. Це гніздо повністю відповідає твердим вимогам ISO/IEC Class II (драфт N2121 від 17 квітня 2013) у відношенні 40GBase.

Сервери й мережне устаткування з підтримкою технології 40 Gigabit Ethernet уже присутні на ринку, тому надзвичайно важливим стає проектування мереж передачі, які в найближчому майбутньому дозволять перейти на такі швидкості. Єдиним варіантом організації тракту передачі 40 Gigabit Ethernet довжиною більше 7 м зараз є застосування оптичного середовища передачі.

Комітети зі стандартизації (IEEE, TIA, ISO/IEC) розробляють вимоги до електричних і фізичних характеристик трактів, які дозволять використовувати кручену пару як середовище передачі для 40 Gigabit Ethernet. Однак параметри, якими виробники активного встаткування можуть оперувати для розробки пристроїв, що підтримують протокол 40GBase, поки не специфіковані. Тому жоден проектувальник кабельної інфраструктури центра обробки даних не може бути впевнений у тім, що мідною проводкою буде підтримуватися швидкість 40 Гбіт/с, якщо тільки мова не йде про пряме з'єднання «точка-точка» (40GBaseCR4, до 7 м).

Крім того, не до кінця визначені вимоги відносно наступних аспектів:

- методик випробувань елементної бази на високих частотах, які потрібні для підтримки протоколу 40GBase;
- сумісності між сполучним і комутаційним устаткуванням різних виробників;
- методик польових випробувань змонтованої кабельної системи.

У той же час у результаті діяльності комітетів зі стандартизації досягнута згода у відношенні декількох ключових питань, що задає подальший напрямок роботи:

1. Основним інтерфейсом для активного встаткування (Media Device Interface, MDI) обраний RJ45 у силу його широкої поширеності й звичного форми-фактора. Інтерфейси інших типів теж можуть бути стандартизовані, якщо їхні робочі характеристики стануть перевершувати можливості RJ45 (див. також урізання «З'єднувачі для 40GBase»).

2. До робочих характеристик кабельної проводки повинні пред'являтися більше тверді вимоги, чим у випадку систем, що підтримують попереднє покоління Ethernet. Це дозволить спростити конструкцію приймачепередаючого встаткування й скоротити його енергоспоживання.

3. Для досягнення гарного рівня стійкості до електромагнітних перешкод необхідно використовувати екрановану елементну базу.

4. Імовірне розширення моделі тракту передачі сигналу на весь інтервал від приймачепередавача до приймачепередавача з метою скорочення перекручувань сигналу при передачі й зменшення додаткової обробки (post-processing) даних.

У міру наближення дати публікації стандарту (можливо, це відбудеться в 2025 році) будуть точніше визначені електричні й фізичні параметри, і, як наслідок, постачальники кабельної продукції зможуть розробити на їхній основі ефективні рішення для створення телекомунікаційної інфраструктури, повністю відповідним новим вимогам. Поки занадто рано робити які-небудь висновки щодо параметрів протоколу 40GBase, тому необхідно ретельно аналізувати подібні заяви.

Розробка структурної схеми

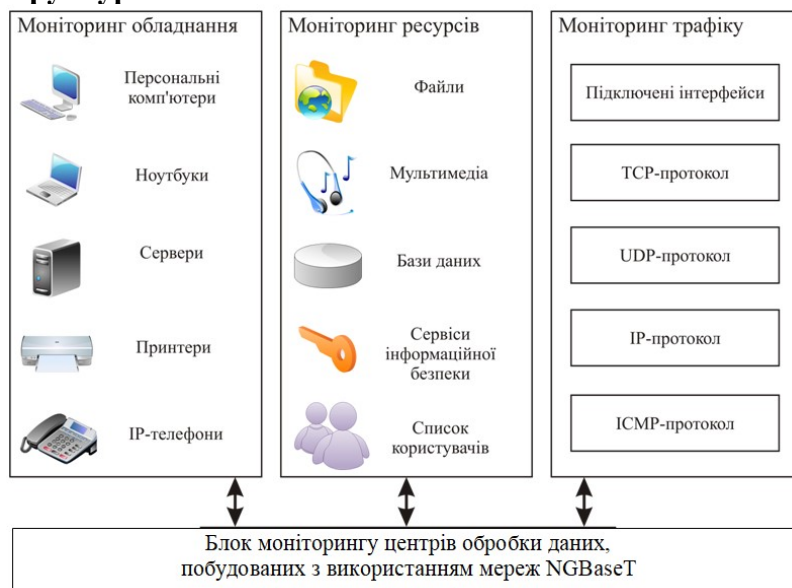


Рисунок 1 – Структурна схема системи

З рисунку видно, що моніторинг локальної мережі здійснюється з трьох напрямків:

– Моніторинг обладнання центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.

– Моніторинг ресурсів центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.

– Моніторинг трафіку центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих систем моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT; Досліджена система моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання моніторингу центрів обробки даних, побудованих з використанням мереж NGBaseT. 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., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.
 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.