УДК 621.3
© М. Климаш[1], В. Янишин[1], 2012

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ЗАПОБІГАННЯ ПЕРЕНАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЦЕНТРУ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ

Здійснено аналіз проблем створення і забезпечення ефективного функціонування ЦОД, розглянуто механізми запобігання перевантаженню і відкидання пакетів на основі аналізу мережного трафіку. Виконано класифікацію, порівняльний аналіз і створено логічні алгоритми роботи кожного механізму. Запропоновано структуру моделі ЦОД і розроблено математичну модель запобігання перевантаженню на основі генерації трафіку повідомлень з різною довжиною, інтенсивністю, пріоритетом та кількістю пакетів у повідомленні.

Problems of creation and providing the effective functioning of data centre have been analyzed, mechanisms of prevention of overload and packet discard on the basis of analysis of network traffic have been considered. Classification, comparative analysis have been executed and logical algorithms of work of every mechanism have been created. The structure of model of data centre have been offered and worked out mathematical model of prevention overload on the basis of generation of traffic with different length, intensity, priority and amount of packets in a report.

1. ВСТУП

Проблема створення і забезпечення ефективного функціонування ЦОД постає перед корпораціями з розвиненою розподіленою ІТ-інфраструктурою, насамперед хостинговими компаніями. Вкладаючи кошти, компанії сподіваються на прибуток. У будь-якому випадку вони очікують зменшення витрат на експлуатацію ЦОД, зниження вартості обслуговування користувачів, що дозволить, зрештою, закласти основу для ефективної діяльності, як самої компанії, так і клієнтів.

Клієнти своє бачення роботи ІТ-інфраструктури погоджують із хостинговою компанією на рівні вимог, до яких звичайно належать: вартість послуг; доступність і керованість ІТ-інфраструктури; цілісність даних; безпека; надійність; масштабованість.

Досягнення рівня вимог користувачів найменшими коштами становить сутність проблеми створення і забезпечення функціонування ЦОД. Зазвичай цю комплексну проблему розбивають на ряд проблем менших розмірів, але від того не набагато простіших. Однією з них є проблема управління ресурсами і навантаженням ЦОД.

[1] Національний університет «Львівська політехніка»

Потрібні гнучкі рішення, які ґрунтуються на оцінюванні і прогнозуванні стану ресурсів і обсягів навантаження і полягають у правильному балансуванні навантаження і ефективному розподілі ресурсів. Для систематичного прийняття правильних рішень необхідні інструментарій та комплекси методик для вирішення задач підтримки ІТ-інфраструктури. Їх створення становить важливу науково-практичну проблему, розв'язання якої вимагає глибокого розуміння процесів, які відбуваються в хостингових компаніях, функціонування ІТ-інфраструктури, чіткої постановки конкретних задач дослідження, розроблення математичних моделей і відповідних методів вирішення задач та, насамкінець, реалізації згаданих вище інструментарію та методик.

2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ЦОД ТА РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ЦОД З ПОКРАЩЕНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ.

Сучасний ЦОД включає до свого складу:

Серверний комплекс ЦОД – модель з багаторівневою архітектурою, в якій виділяється кілька груп серверів (ресурсні сервери, сервери додатків, сервери представлення інформації, службові сервери).

Сховище даних ЦОД – являє собою кілька інтелектуальних дискових масивів (монолітних або модульних), а також одну або кілька систем стрічкового зберігання інформації, підключених до серверного комплексу ЦОД.

Мережа передачі даних ЦОД – реалізує надійне транспортування інформаційних потоків між компонентами ЦОД і здійснює сполучення з магістральною мережею передачі даних.

Інфраструктура ЦОД – система енергопостачання і безперебійного електроживлення, структурована кабельна мережа, система кондиціонування і вентиляції, система охоронно-пожежної сигналізації, система контролю доступу в приміщення.

Систему управління ЦОД – здійснює моніторинг, управління, а також діагностику та локалізацію несправностей всього програмно-апаратного комплексу ЦОД.

Організаційну структуру ЦОД – персонал, що забезпечує функціонування ЦОД, згідно зі штатним розкладом, організаційні документи, що регламентують експлуатацію ЦОД.

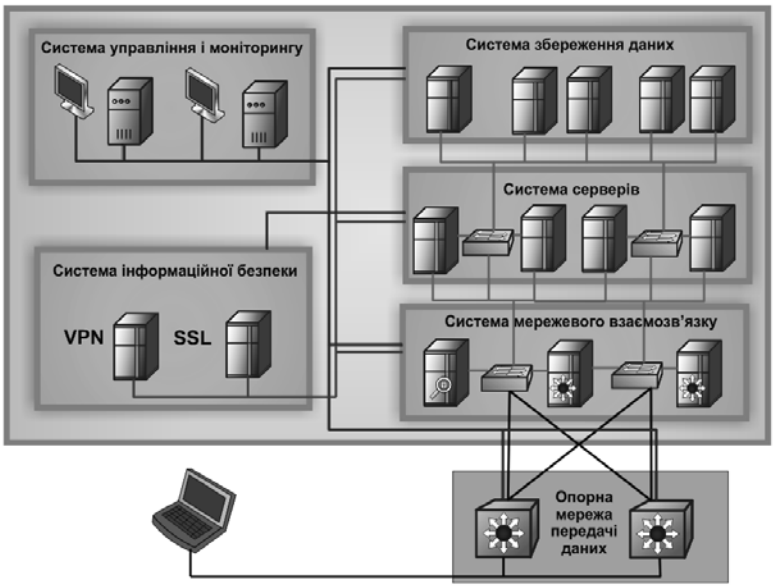

Рис. 1. Загальна архітектура ЦОД

В даній роботі розглядається модель центру обробки даних на базі виділених серверів, за якої клієнти мають можливість використовувати фізичні сервери для отримання певних послуг, а саме використання серверів баз даних, сховища даних, додатків та веб-серверів. Мета розроблення системи полягає у створенні комплексу прийнятного рівня абстракцій сервісів, які використовуються багатьма застосуваннями, а не жорстко прив'язуються до одного з них. Для масштабування систем, гнучкого розподілу їх ресурсів між клієнтами і балансування навантаження, хостингові організації використовують клієнт-серверні і Web-технології, технології віртуалізації і кластеризації.

Застосування клієнт-серверних і Web-технологій забезпечує зниження рівня вимог до робочих станцій, розподіл процесорного навантаження і оптимізацію серверів, масштабування систем і підвищення їх швидкодії, зменшення непродуктивних витрат.Технології віртуалізації надають користувачу можливість абстрагуватися від особливостей окремих груп ресурсів, об'єднати їх у апаратно-програмні комплекси потрібної конфігурації і спростити управління ними. Віртуалізація платформ полягає у створенні віртуальних машин (ВМ) – програмних абстракцій, що запускаються на платформі реальних апаратно-програмних (хостових) систем. Віртуалізація ресурсів узагальнює під-

ходи до створення ВМ і переносить їх на усі види ресурсів – обладнання ЦОД, просторів імен, мереж і т.п.

Технологія кластерного хостингу дозволяє користувачам керувати безпекою, ресурсами і балансуванням навантаження. До того ж, кластерні платформи хостингу управляться даними, що дозволяє багато операцій виконувати без втручання людини.

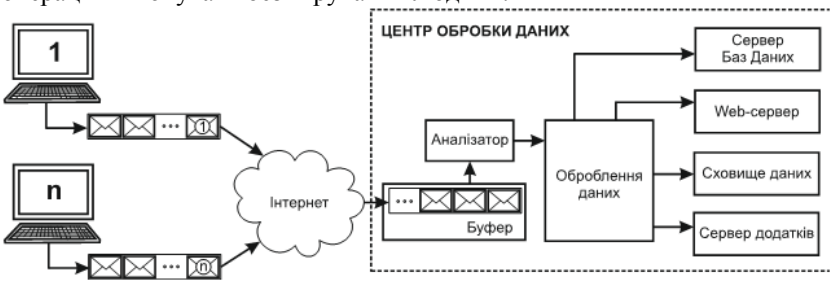

Рис. 2. Структура вибраної моделі ЦОД

Але досягнення переваг клієнт-серверних і Web-технологій, кластеризації і віртуалізації вимагає додаткових зусиль, оскільки процеси прийняття рішень стають складнішими і вимагають розвиненого інструментарію їх підтримки. Необхідно визначити склад кластерів, параметри ВМ і ефективно управляти їх навантаженням і ресурсами. З'являється необхідність розроблення моделей, алгоритмів і засобів моніторингу, аналізу, планування і управління інформаційно-обчислювальними процесами ЦОД з урахуванням специфіки архітектурних рішень, особливостей кластеризації і віртуалізації та реалізації їх у системі управління IT-інфраструктурою.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ЗАПОБІГАННЯ ПЕРЕВАНТАЖЕННЮ І ВИБІРКОВОГО ВІДКИДАННЯ ПАКЕТІВ (SPD)

Механізми запобігання перевантаженню і різні політики відкидання пакетів призначені на основі аналізу мережного трафіка відслідковувати вузькі місця в мережі і не допускати виникнення на цих ділянках перевантажень. В умовах перевантаження ці механізми забезпечують тільки пільгову обробку пріоритетного трафіка. Але на практиці часто виникає ситуація, що пакет, який тільки-но надійшов, необхідно поставити у чергу, що вже досягла свого максимального розміру.

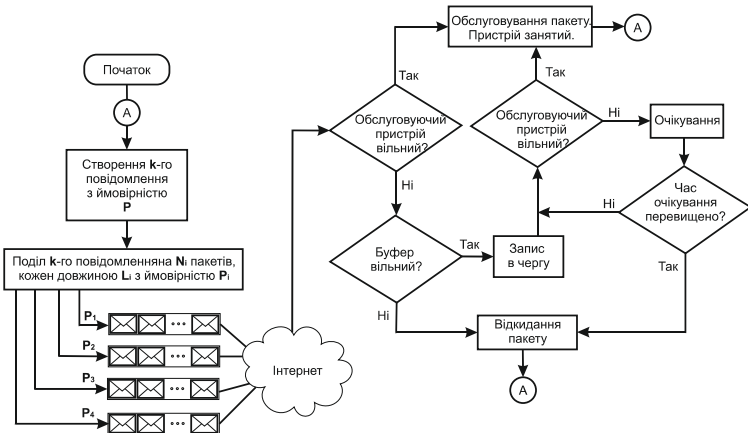

Рис. 3. Алгоритм політики "відкидання хвоста"

У результаті деякі пакети слід відкинути. У найпростішому випадку застосовується політика "відкидання хвоста" (tail drop), відповідно до якої відкидаються пакети, які тільки-но надійшли.

Однак політика "відкидання хвоста" призводить до виникнення ефекту глобальної синхронізації – одночасного (синхронного) перезапуску алгоритмів повільного старту множини TCP-джерел. Крім небажаної зміни розмірів черги, цей ефект здатний також призвести до зростання джитера, затримки пакетів трафіка і зниження продуктивності всієї мережі. Більш ефективними є механізми превентивного управління перевантаженнями, до яких належать алгоритми SPD і його модифікації.

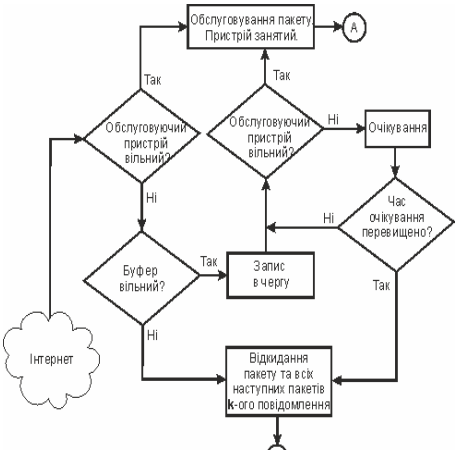

Рис. 4. Алгоритм Partial Packet Discard

Механізм вибіркового відкидання пакетів (Selective Packet Discard, SPD) допомагає маршрутизаторові підтримувати цілісність інформації про маршрути протоколів IGP і BGP під час перевантаження мережі шляхом пріоритетної обробки пакетів протоколів маршрутизації відносно пакетів іншого мережного трафіку. Відповідно до механізму SPD до черги IP-

процесу маршрутизатора застосовується вибіркова політика відкидання пакетів. До пакетів, що необхідно відкинути належать IP-пакети, які за тих або інших обставин не пройшли тест на коректність, – пакети з невірною контрольною сумою, неправильною версією, з "часом життя" (Time-to-Live, TTL), що минув, невірним номером порту UDP/TCP, невірним значенням поля протоколу IP і т.д.

У рамках механізму SPD, використовують різні модифіковані схеми відкидання пакетів:

Partial Packet Discard (PPD) – якщо один пакет з повідомлення відкидається, то всі наступні пакети цього повідомлення відкидаються і ці пакети тепер не мають значення в системі.

Early Packet Discard (EPD) – всі пакети, які складають нове повідомлення відкидаються, коли очікується скупчення, що визначається, якщо кількість занятих місць в буфері перевищує встановлений поріг.

Preemptive Partial Packet Discard (pPPD) – пакети відкидаються на основі пріоритету повідомлень, частини пакетів яких вже були прийняті і знаходяться в буфері. Коли буфер повний, всі пакети від нових повідомлень відкидаються з буфера, щоб звільнити місце для вхідних пакетів від старших повідомлень.

Intensive Partial Packet Discard (iPPD) – пакети відкидаються на основі інтенсивності поступлення повідомлень, частини пакетів яких вже були прийняті і знаходяться в буфері. Коли буфер повний, всі пакети з найбільшою інтенсивністю навантаження повідомлень відкидаються з буфера, щоб звільнити місце для вхідних пакетів від інших повідомлень.

Зокрема, pPPD є найкращою політикою для початкового вузла доступу, EPD для останнього і PPD для проміжних вузлів. Крім того, використовуючи EPD у всіх вузлах, але з різними порогами, можна досягнути більш високу продуктивність. Запропонувавши цей механізм вибіркового відкидання пакетів, ми збільшили продуктивність обробки пакетів у тричі.

4. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМІВ ЗАПОБІГАННЯ ПЕРЕВАНТАЖЕННЮ І РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМІВ SPD

В даній роботі пропонується модель запобігання перевантаженню створена на основі генерації трафіку повідомлень (запитів) з різною довжиною, інтенсивністю, пріоритетом та кількістю пакетів у повідомленні, що через певні проміжки часу поступають на обслуговуючий пристрій. Ця модель здійснює аналіз пакету та обробку даних взалежності від алгоритму, що використовується. Після чого пакет направляється у відповідному напрямі, або відкидається. Перед обробкою всі

пакети записуються в буфер обслуговуючого пристрою і при його повному заповненні наступні пакети, що поступили втрачаються. Втрачені пакети підраховуються і визначається ймовірність втрати пакету за формулою:

$$P(X)_{втрат}=N_{втрат} /N_{пер} \quad (1)$$

де P(X) втрат – імовірності втрат пакетів для певного механізму, Nвтрат – кількість втрачених пакетів, Nпер – кількість переданих пакетів.

В моделі використовується п'ять механізмів обробки пакетів:

Tail drop(TD);

Partial Packet Discard (PPD);

Early Packet Discard (EPD);

Preemptive Partial Packet Discard (pPPD);

Intensive Partial Packet Discard (iPPD);

Основним завданням при розробці даної моделі є здійснення вибору найефективнішого алгоритму обслуговування пакетів, що знаходяться в черзі.

Вихідними даними є:

P=0.5 – імовірність появи повідомлення, Pi=0.25 – імовірність створення повідомлення i-ого сервісу, RBuffer=5,12 кбайт – розмір буфера, n=10000 – кількість повідомлень, що згенеруються, Ni – кількість пакетів в повідомленні i-ого сервісу, Li – довжина одного пакету i-ого сервісу, Pri – пріоритет обслуговування i-ого сервісу.

Таблиця 1

Параметри кожного з сервісів

Звернення до сервісу	Імовірність створення повідомлення P_i	Кількість пакетів в повідомленні N_i	Довжина одного пакету L_i, байт	Пріоритет обслуговування Pr_i
Бази даних	0,25	5	64	1
Web-серверу	0,25	10	128	2
Сховища даних	0,25	10	512	3
Серверу додатків	0,25	5	256	4

Для кожного механізму проведено ряд моделювань, основним результатом яких є втрати пакетів. Ймовірність втрати пакетів зображено графічною залежністю від імовірність появи нового повідомлення (інтенсивності джерела повідомлення) при різних умовах передачі:

– змінній інтенсивності надходження пакетів;
– послідовній обробці пакетів декількома вузлами;
– змінній границі пам’яті буфера (тільки для Early Packet Discard (EPD)).

Зображаємо результати моделювання всіх типів механізмів запобігання перевантаженню для кращої наглядності та легшого порівняння на графіку:

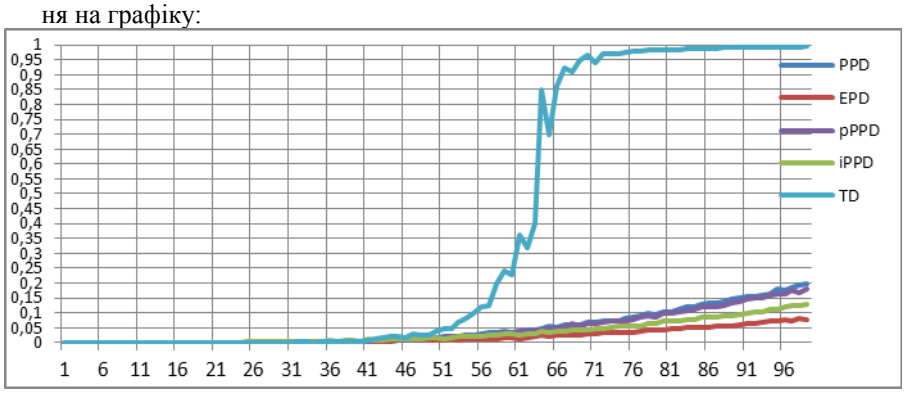

Рис. 5. Залежність імовірності втрат від імовірності появи нового повідомлення для всіх типів механізмів запобігання перевантаженню

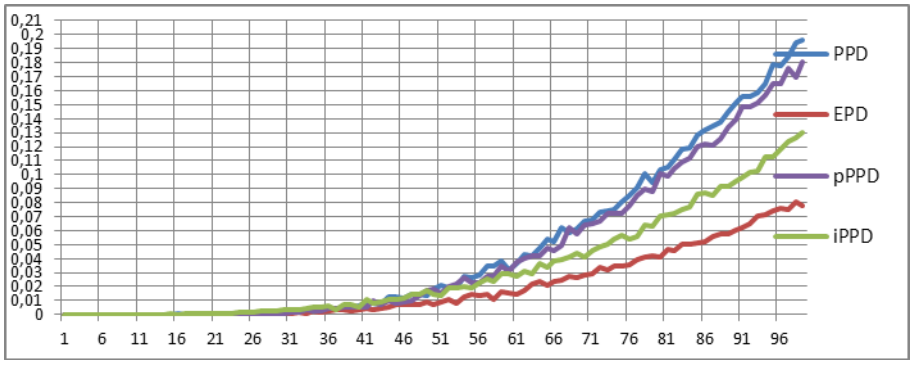

Рис. 6. Залежність імовірності втрат від імовірності появи нового повідомлення для механізмів вибіркового відкидання пакетів

5. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ОБРОБКИ ПАКЕТІВ В ЧЕРЗІ МЕХАНІЗМАМИ SPD

Отримані результати імовірності втрат пакетів для всіх типів механізмів запобігання перевантаженню взалежності від імовірності появи нового повідомлення зведемо до таблиці:

Таблиця 2

Втрати пакетів для механізмів запобігання перевантаженню

Імовірність появи нового повідомлення	20%	40%	50%	55%	60%	65%	70%	80%	90%
Tail drop(TD)	0,011	0,446	3,75	9,71	22,78	69,86	96,47	98,39	99,09
Partial Packet Discard (PPD)	0,060	0,594	1,84	2,66	3,22	5,41	6,70	10,35	15,12
Early Packet Discard (EPD)	0,014	0,373	0,72	1,44	1,52	2,08	2,80	4,13	6,00
Preemptive Partial Packet Discard (pPPD)	0,002	0,553	1,80	2,28	3,12	4,74	6,36	10,06	13,93
Intensive Partial Packet Discard (iPPD)	0,055	0,509	1,49	1,93	2,92	0,03	4,13	7,09	9,55

Отже, як видно з результатів, при низкій інтенсивності джерела повідомлень всі метоти мають незначні втрати пакетів і система працює дуже ефективно. Та при переході границі в 50% для методу Tail drop втрати починають різко зростати і починають в декілька разів перевищувати втрати при інших механізмах. Після 70% метод Tail drop не може справитись із перевантаженням і втрати сягають більше 95%. Для інших методів така завантаженість не призводить до падіння системи і навіть при інтенсивності 90% більша частина пакетів обслуговується.

Оскільки стандартним методом боротьби з перевантаженням є політика "відкидання хвоста" (Tail Drop), тому здійснимо порівняння механізмів вибіркового відкидання із стандартним механізмом Tail Drop за формулою:

$$A(X) = (\sum_{i=1}^{k} \frac{P(TD)_{втрат_i}}{P(X)_{втрат_i}}) / k, \qquad (2)$$

де P(TD) втрат – імовірності втрат пакетів для механізму Tail Drop, P(X) втрат – імовірності втрат пакетів для механізму, що порівнюється, k=100 – кількість проведених моделювань, при різній завантаженості обслуговуючого пристрою.

Таблиця 3

Порівняння механізмів вибіркового відкидання із Tail Drop

	Partial Packet Discard (PPD)	Early Packet Discard (EPD)	Preemptive Partial Packet Discard (pPPD)	Intensive Partial Packet Discard (iPPD)
A(X), разів	4,61	10,66	5,12	6,55

6. ВИСНОВКИ

Здійснено аналіз проблем створення і забезпечення ефективного функціонування ЦОД, розглянуто механізми запобігання перевантаженню і відкидання пакетів на основі аналізу мережного трафіку. Виконано класифікацію, порівняльний аналіз і створено алгоритми роботи кожного механізму.

Запропоновано структуру моделі ЦОД і розроблено математичну модель запобігання перевантаженню на основі генерації трафіку повідомлень з різною довжиною, інтенсивністю, пріоритетом та кількістю пакетів у повідомленні. Здійснено моделювання для кожного методу обробки пакетів в черзі та порівняння отриманих результатів. Визначено, що механізми вибіркового відкидання пакетів (SPD) є у 5-6 разів ефективніші при обробці пакетів у порівнянні із стандартним механізмом Tail drop. Запропоновано модель ЦОД із використанням механізму SPD, що дозволяє розвантажити канал передачі даних та покращити якість обслуговання пакетів 5-6 разів.

1. Павлов А.А. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении / А.А.Павлов, С.Ф.Теленик. – К.: Техника, 2002. – 344 с. 2. Теленик С.Ф. Система управління інформаційно-телекомунікаційною системою корпоративної АСУ / С.Ф.Теленик, О.І Ролік, М.М.Букасов, Р.Л.Соколовський // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+». – 2006. – №45. – С. 112–126. 3. Vinoski S. Service Discovery 101 / S.Vinoski // IEEE Internet Computing.- Vol. 7.-#1.- 2005.- P. 405–426. 4. M. Labrador and S. Banerjee, \Performance of Selective Packet Dropping Schemes in Multi -hop Networks,