

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДИНАМІКИ ХАРАКТЕРИСТИК СЕГМЕНТІВ МЕРЕЖІ INTERNET

Вступ

Невід'ємним елементом інформаційного суспільства є засоби комунікації. На сьогоднішній день глобальна мережа Internet утворює єдиний планетарний інформаційний простір, в якому щосекунди відбувається передача колосальних об'ємів інформації починаючи від електронної кореспонденції та закінчуючи проведенням банківських операцій. В той же час, Internet об'єднує мільйони локальних мереж та сотні мільйонів окремих користувачів, і тим самим являє собою надзвичайно складну динамічну систему, від успішного функціонування якої залежить нормальне функціонування сучасного інформаційного суспільства.

На ранніх етапах створення мереж передачі даних динаміка зміни їх параметрів була незначною, що було зумовлено відносно великими запасами пропускної здатності мереж по відношенню до об'ємів передаваної інформації, а також простотою їх топології. Сьогодні, в епоху глобалізації, середовище передачі інформації значно ускладнилося. Мережі окремого призначення та мережі зв'язку спеціального призначення об'єднуються в великі багатофункціональні мережі. В таких мережах діагностика та контроль за використанням ресурсів стають визначаючими, оскільки зміни в окремих сегментах мережі можуть впливати на параметри функціонування системи в цілому [1]. Саме тому задача побудови ефективної системи моніторингу динаміки характеристик інформаційних каналів мережі Internet є актуальною, несе наукову та практичну новизну.

На сьогоднішній день розроблена велика кількість методів дослідження характеристик КМ. Всі їх можна розділити на 2 основні групи: вимірювальні та на основі моделювання. Узагальнену схему класифікації вказаних методів наведено на рисунку 1.

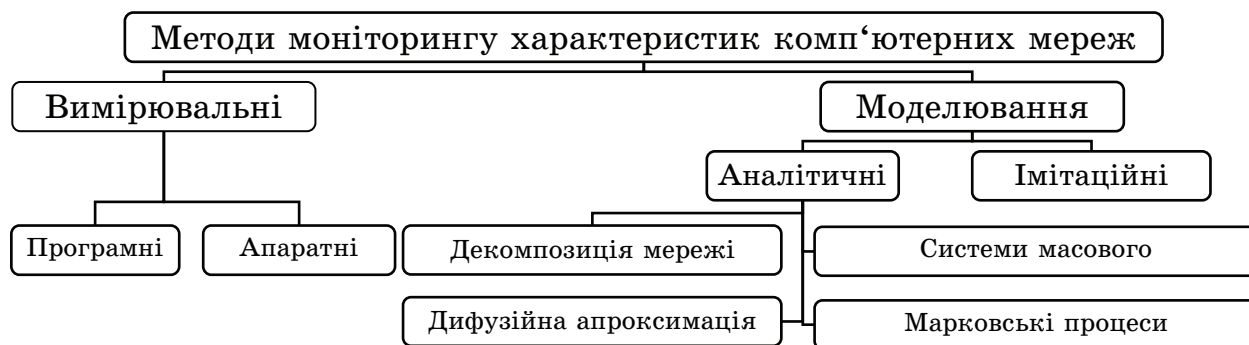


Рисунок 1 – Класифікація сучасних методів моніторингу характеристик комп'ютерних мереж

Незважаючи на достатню глибину і детальність розроблених підходів, що доведені до інженерних методик, існуючі моделі та методи моніторингу динаміки інформаційних потоків в сегментах комп'ютерних мереж мають істотні недоліки.

Так, апаратні вимірювальні методи вимагають фізичного розташування пристроїв на лініях передачі даних та характеризуються великою вартістю [2]. Програмні вимірювальні методи працюють на низькому рівні, а тому вимагають від користувача глибокого знання протоколів зв'язку та не передбачають засобів для тривалого моніторингу [3]. Аналітичні методи вимагають великих затрат часу на розробку математичних моделей а також малопридатні для мереж великого розміру, крім того у них відсутня можливість комплексно розглядати не тільки передачу даних по каналах зв'язку, але і враховувати вплив обробки даних у хостмашинах і комунікаційних контролерах [4]. Складні імітаційні моделі вимагають для своєї реалізації великих обчислювальних ресурсів, тому доцільно застосування імітаційних моделей у тих випадках, коли аналітичні методи є непридатними. В той же час, імітаційне моделювання, не перевірене вимірами на реальному об'єкті, не може бути достатньою гарантією точності отриманих результатів.

Проаналізувавши більшість існуючих методів, нами було прийнято рішення про використання програмних методів вимірювання інформаційних характеристик комп'ютерних мереж. Таке рішення можна обґрунтувати наступними перевагами:

- низькорівневі засоби надсилання інформаційних вимірювальних пакетів є інтегрованими в більшість серверних програмних платформ;

- оскільки сервер (відповідач) працює з високим пріоритетом, так як знаходиться в ядрі операційної системи – інтегровані засоби забезпечують більш якісне вимірювання часових затримок, ніж додаткове програмне забезпечення;
- використання даного методу не вимагає встановлення додаткового програмного чи апаратного забезпечення на серверах, – які є основними об'єктами моніторингу.

Постановка задачі

Розробити інформаційну систему для здійснення моніторингу динамічних характеристик сегментів мережі Internet. Виконати її математичне та алгоритмічне забезпечення. Здійснити практичну апробацію.

Основний розділ

Об'єктом дослідження даної роботи є сегмент комп'ютерної мережі Інтернет в цілому та динамічні характеристики взаємодії між елементами, що утворюють його структуру. Власне з точки зору фізичної реалізації навіть порівняно невеликого сегмента мережі Інтернет він являє собою множину досить різноманітних об'єктів та підсистем. Зокрема, на верхньому апаратному рівні - це різноманітні маршрутизатори, роутери, захисні екрани, проксі-сервери; на нижньому рівні - це різноманітні лінії зв'язку, фільтри, підсилювачі, модулятори [2]. Таким чином для здійснення ефективної оптимізації функціонування мережі з можливістю прогнозування її стану на майбутні періоди часу необхідно розробити методи моніторингу, який дозволить оцінювати динамічні характеристики сегментів мережі Internet у наперед визначених масштабах.

З погляду аналізу цілей і задач функціонування мережі її сегмент можна представити у вигляді зваженого графа $G(V, E)$, де $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ - множина вузлів (серверів) та $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ - множина ребер (інформаційних каналів), які з'єднують вказані сервери. Число вузлів – вершин графа позначимо через p , а число каналів - q . Тоді сегмент мережі можна представити у вигляді, зображеному на рисунку 2.

Визначимо основні характеристики вузлів КМ, як систем масового обслуговування [4]:

Час обслуговування t^0 повідомлень вузлом

$$t^0 = 1/\mu, \quad (1)$$

де μ - інтенсивність обслуговування.

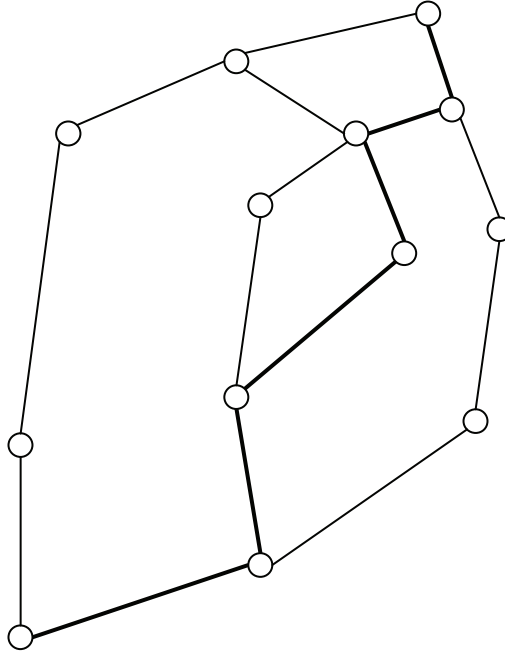


Рисунок 2 – Модель сегмента мережі Internet

Час затримки t_i повідомлень в системі i (у вузлі та черзі на обслуговування)

$$t_i = 1/(\mu - \lambda), \quad (2)$$

де λ - інтенсивність потоку заявок.

Коефіцієнт завантаження ρ_i вузла i

$$\rho_i = \lambda_i / \mu_i. \quad (3)$$

Кількість повідомлень n_i в системі обслуговування (у вузлі та черзі на обслуговування)

$$n_i = \lambda / (\mu - \lambda) = \lambda_i t_i. \quad (4)$$

Кількість повідомлень в черзі на обслуговування

$$\lambda_i = \lambda^2 / \mu(\mu - \lambda). \quad (5)$$

В сегменті мережі можна виділити потоки повідомлень, кожен з яких в установленому режимі має свій шлях проходження через вузли мережі і свої параметри обслуговування в мережах. Такий

умовно виділений шлях руху повідомлень будемо називати інформаційним контуром. Введемо означення даних контурів.

Розімкнений інформаційний контур \tilde{q} – нескінченний маршрут руху потоку інформаційних повідомлень, який в межах модельованого сегменту мережі не утворює замкнутих траєкторій і який має одну точку входу, яка через множину проміжних вузлів з'єднується з точкою виходу деякого маршруту за межі сегменту мережі. Розімкнений інформаційний контур в мережах виділеного сегменту може бути відкритим по входу, або по виходу. Поняття розімкненого контуру відкритого по входу означає, що джерело повідомлень знаходиться за межами сегменту мережі. Відповідно розімкнений контур відкритий по виходу не містить в межах сегменту мережі кінцевого споживача даного інформаційного потоку.

Замкнутий інформаційний контур \hat{q} - закінчений маршрут руху виділеного потоку інформаційних повідомлень, траєкторія якого повністю розміщується всередині модельованого сегменту мережі.

Фаза контура – це частина контура, в якій кожен вузол тільки один раз обслуговує повідомлення.

В реальних мережах в стаціонарному режимі повідомлення з виходу одного вузла можуть поступати на входи різних вузлів [2]. При аналізі такі переходи від вузла k_i до вузла k_j оцінюються ймовірністю $p_{i,j}$ переходу повідомлень. Приклад такої мережі наведено на рисунку 3.

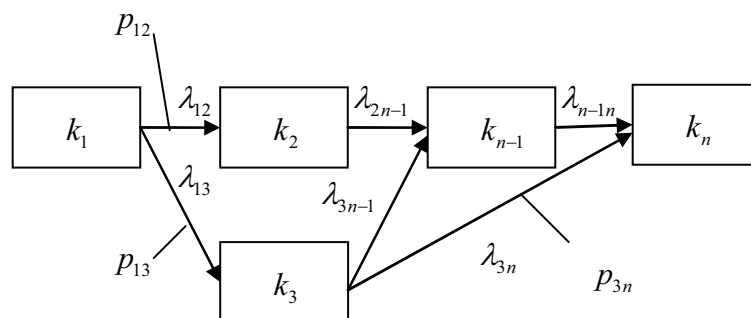


Рисунок 3 - Схема реальної КМ в стаціонарному режимі

Ймовірності переходу дозволяють для розімкнених контурів визначити інтенсивність λ_{ij} потоку повідомлень будь-якого переходу через базову інтенсивність λ_0 потоку повідомлень і коефіцієнт a_{ij} базової інтенсивності. Базову інтенсивність λ_0 потоку повідомлень

утворює потік повідомлень, що поступає на вхід вузла. Коефіцієнт $a_{i,j}$ базисної активності показує, яка частина базисної інтенсивності переходить від вузла k_i до вузла k_j :

$$\lambda_{i,j} = \lambda_0 a_{i,j}. \quad (6)$$

Визначимо сегмент КМ як сукупність вузлів та каналів, через які можлива передача інформації від вузла k_1 до вузла k_n . Процес моніторингу заданого сегменту необхідно проводити з періодичністю T . Отже вхідними даними для системи моніторингу є: адреса кінцевого вузла k_n ; період T з яким здійснюється моніторинг.

Сформулюємо вхідні дані для практичної реалізації системи моніторингу динамічних характеристик реального сегменту глобальної мережі Internet: список проміжних вузлів; затримки доставки на окремих каналах; графік зміни затримок доставки на всьому шляху передачі інформації, за вказаний період (годину, добу, неділю, місяць); графік зміни затримок доставки на заданій ділянці шляху передачі інформації, за вказаний період (годину, добу, неділю, місяць); гістограма часових затримок для всіх ділянок мережі (в заданий момент часу).

Основною характеристикою вузлів КМ, як систем масового обслуговування є час затримки при доставці інформаційного повідомлення до даного вузла. Цей показник включає час обслуговування повідомлення вузлом (1) та час затримки повідомлень в системі (2). Таким чином узагальнену характеристику сегменту комп'ютерної мережі а також окремих її вузлів можна отримати шляхом передачі тестового інформаційного повідомлення заданого розміру та вимірювання часу його доставки до кожного вузла.

Для вирішення поставленої задачі слід звернутися до протоколу управління повідомленнями в об'єднаних мережах ІМСП (Internet Control Message Protocol) [5]. Протокол ІМСП є частиною протоколу ІР, а повідомлення ІМСП передаються разом з дейтаграмами ІР. ІР-дейтаграма складається з ІР-заголовку (20 байт) та повідомлення ІСМР. Для отримання програмної можливості отримання часової затримки при доставці заданого пакету до будь-якого вузла мережі достатньо використати тип повідомлення «echo reply» - запит на відповідь.

Для того щоб отримати інформацію про наступний вузол мережі, починаючи від поточного, слід встановити тип повідомлення „destination unreachable”, - такий тип повідомлення сигналізує наступним вузлом, що задане повідомлення слід повернути відправнику. Для того щоб отримати список всіх проміжних серверів сегменту, використовується параметр заголовку IP-пакета TTL – час життя пакету, який збільшується на 1 при проходженні кожного вузла мережі. Після досягнення TTL граничного значення, даний пакет повертається відправнику, та містить адресу сервера, що зупинив доставку пакету, та час його доставки.

Схему алгоритму розв'язання задачі збору часових характеристик мережі наведено на рисунку 4.

Структурну схему системи моніторингу наведено на рисунку 5.

Основною складовою частиною системи є сервер моніторингу, яким можна керувати через персональний комп'ютер адміністратора та проводити вимірювання часових затримок при доставці інформації до об'єктів моніторингу. Обмін інформацією між складовими частинами системи здійснюється на основі протоколу TCP/IP [2]. Сервер моніторингу містить: програму моніторингу, яка керує всім процесом збору, накопичення та обробки інформації; базу даних для збереження інформації; веб-сервер що забезпечує інтерфейс до програми моніторингу; програму управління задачами, яка здійснює виклик процесу моніторингу через задані інтервали часу. Обмін інформацією між сервером та об'єктами моніторингу здійснюється засобами операційних систем на основі протоколу TCP/IP.

Практичну реалізацію системи моніторингу було виконано за допомогою мови PHP та СУБД MySQL. В якості сервера моніторингу було використано сервер комерційного веб-хостингу

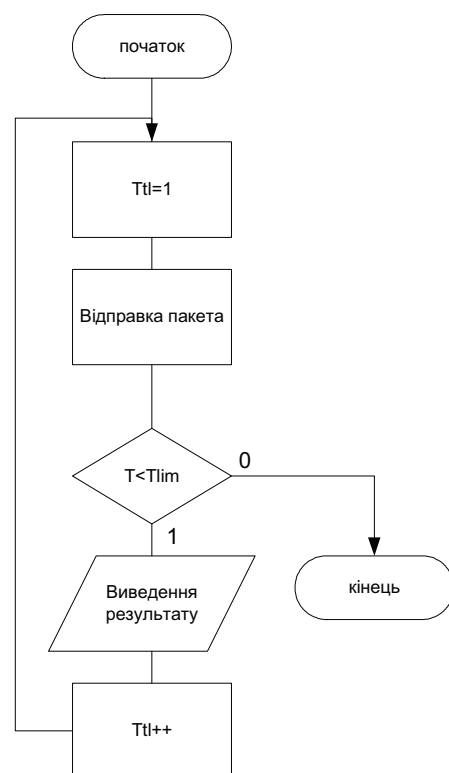


Рисунок 4 - Схема алгоритму розв'язання задачі моніторингу часових характеристик мережі

gw.v101.rtcomm.moscow.peterhost.ru, який географічно розташований в місті Санкт-Петербург Російської федерації. Об'єктом моніторингу був сегмент мережі Internet зосереджений на території України і представлений такими вузлами: UkrNet.UTC.gw.vc.ukrtel.net, vinpoliteh_ukrnet.ukr.net,corpse_ospf.vstu.vinnica.ua, inaeksu.vstu.vinnica.ua. В якості кінцевого об'єкта моніторингу обрано веб-сервер інституту АЕКСУ (inaeksu.vstu.vinnica.ua) Вінницького національного технічного університету.

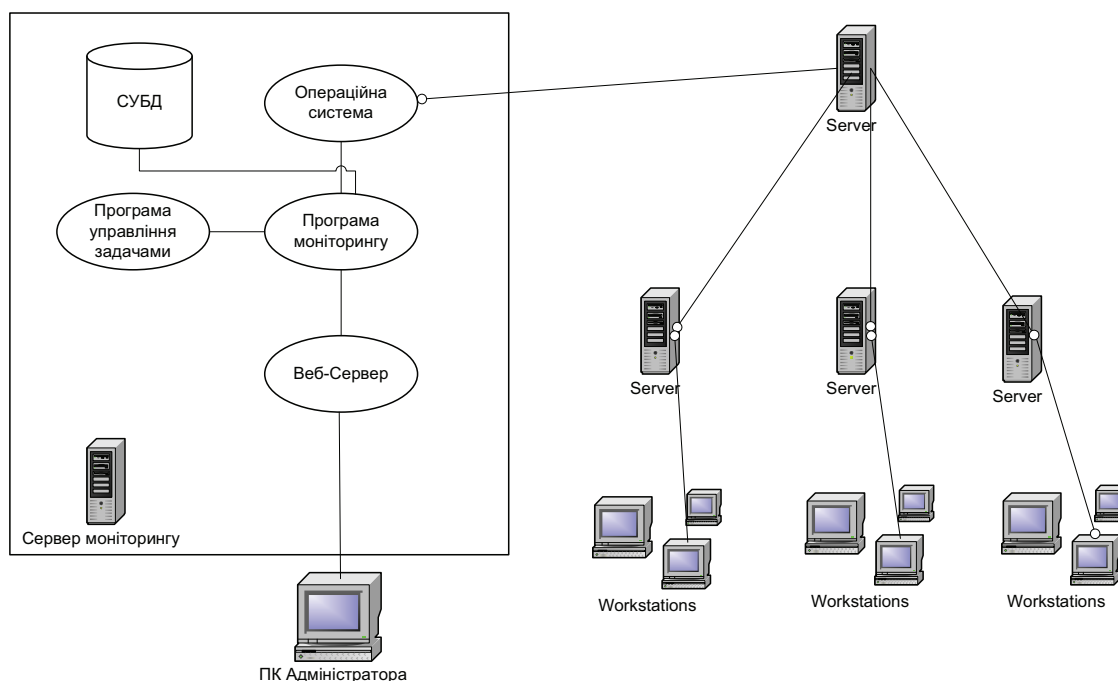


Рисунок 5 - Структурна схема системи моніторингу

Процес моніторингу відбувається в автоматичному режимі. Вимірювання здійснюється цілодобово з інтервалом в 15 хв починаючи з кінця листопада 2005 року, а отримані данні накопичуються в базі даних.

Для перегляду результатів моніторингу та зміни параметрів розроблено веб-інтерфейс адміністратора, доступ до якого можна отримати з будь-якого комп'ютера, підключеного до мережі Інтернет.

Для кожного вузла окремо визначалися «миттєві» часові затримки на момент активного експерименту, який проводився 27.01.2006 р. о 12.45 за київським часом. Графік часових затримок в заданому сегменті на поточний момент показано на рисунку 6.

Аналіз отриманих результатів моніторингу показав, що найбільш динамічна картинка зміни завантаженості у виділеному сегменті мережі Internet спостерігається для веб-серверів Вінницького

національного технічного університету `vinpoliteh_ukrnet.ukr.net` та `corpse_ospf.vstu.vinnica.ua`, та кінцевого вузла дослідження – ваб-сервера інституту автоматичної електроніки та комп'ютерних систем управління. Причому цілком очевидно є значна кореляція динамічних характеристик цих вузлів. Водночас за результатами активного експерименту, що проводився 27.01.06 потрібно констатувати, що в обраному сегменті мережі Internet найбільші затримки виявилися під час тестування веб-серверів ВНТУ.

27.01.2006 12:45

№	Хост	Затримка (мс)
0	gw.v101.rtcmm.moscow.peterhost.ru	0.51
1	msk_dsr7_ge0_0_0_229_rt_comm.ru	1.53
2	msk_scr2_ge3_2_rt_comm.ru	61.13
3	msk_scr1_v444_rt_comm.ru	59.28
4	msk_bbn0_ge9_1_rt_comm.ru	61.40
5	msk_scr1_ge2_6_rt_comm.ru	60.90
6	msk_bbn1_ge7_2_rt_comm.ru	61.15
8	lnd_bgw1_po1_0_3_0_rt_comm.ru	67.54
9	ldn_b1_pos1_0_telia.net	72.37
10	ldn_bb2_pos1_2_0_telia.net	72.41
11	prs_bb2_pos6_0_0_telia.net	81.41
12	ffm_bb2_pos6_0_0_telia.net	90.90
13	ffm_bb1_pos7_3_1_telia.net	94.65
14	war_b4_pos1_2_0_telia.net	122.68
15	ukrtelecom_109294_war_b4.c.telianet	132.68
18	UkrNet_UTC_gw.vc.ukrtel.net	137.42
19	vinpoliteh_ukrnet.ukr.net	199.44
20	corpse_ospf.vstu.vinnica.ua	163.23
21	inaeksu.vstu.vinnica.ua	170.48

Рисунок 6 - Графік часових затримок в заданому сегменті на поточний момент

На основі інформації, накопиченої в базі даних, система дозволяє будувати графік стану сегменту за заданий проміжок часу. Графік часових затримок двох основних серверів ВНТУ наведено на рисунку 7.

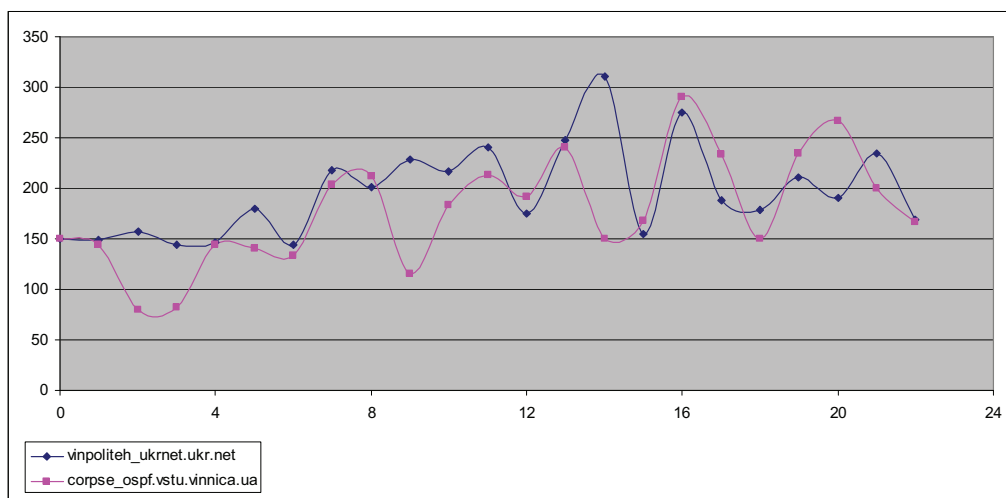


Рисунок 7 - Графік часових затримок в заданому сегменті за добу

Висновки

За результатами проведених досліджень можна запропонувати заходи та рекомендації, які дозволять оптимізувати роботу з веб-серверами ВНТУ та інАЕКСУ в мережі Internet: Оскільки максимальна завантаженість спостерігається в порівняно сталі відрізки часу з заданою закономірністю, то можна спланувати графік використання мережі таким чином, щоб зробити завантаженість на протязі тривалого періоду часу відносно рівномірною. Так, наприклад, такі операції як завантаження нових антивірусних баз та резервне копіювання серверів можна виконувати по вихідних днях, або ж по буднях, за межами часового інтервалу 7.00 – 16.00, коли завантаженість серверів є мінімальною.

Створення системи дозволило отримати надзвичайно цінну інформацію про реальну поведінку динамічних характеристик сегментів глобальної комп'ютерної мережі Internet. Однак, вона залишається поки що лише пасивним користувачем, нездатним вносити корективи, які змогли б оптимізувати поведінку сегментів мережі, тому в перспективі планується використання отриманих результатів при побудові сенсорів для адаптивного управління ресурсами веб-систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эви Немет. Руководство администратора Linux. – СПб.: Вильямс, 2004. – 633с.
2. Вильям Столингс. Современные компьютерные сети, 2-е издание. – СПб.: Питер, 2003. – 354 с.
3. Les Cottrell, Warren Matthews and Connie Logg. Tutorial on Internet Monitoring. <http://www.slac.stanford.edu/owner/warrenm>.
4. Мартин Дж. Системный анализ передачи данных. – М:Мир, 1975.Т1.– 252 с.
5. Stekolshchik Rafael. ICMP Message Types. <http://www-iepm.slac.stanford.edu/monitoring/limit/limiting.html>