

Способи Забезпечення Якості та Балансування Навантаження в Комп'ютерних Мережах

Катерина Шевчук

Кафедра обчислювальної техніки
Факультет інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
Вінницький національний технічний університет,
Вінниця, Україна
kateryna.shevchuk092@gmail.com

Сергій Захарченко

Кафедра обчислювальної техніки
Факультет інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
Вінницький національний технічний університет,
Вінниця, Україна
zahar@vntu.net

Methods of Quality Assurance and Load Balancing in Computer Networks

Katerina Shevchuk

Department of Computer Engineering
Faculty for Information Technologies and Computer
Engineering
Vinnytsia National Technical University
Vinnytsya, Ukraine
kateryna.shevchuk092@gmail.com

Sergiy Zakharchenko

Department of Computer Engineering
Faculty for Information Technologies and Computer
Engineering
Vinnytsia National Technical University
Vinnytsya, Ukraine
zahar@vntu.net

Анотація—Наведено параметри, які дозволяють проаналізувати трафік, що проходить у комп'ютерній мережі, можливий вплив на них для балансування трафіку та прогнозування перевантажень в каналах зв'язку мереж для підвищення захищеності, якості передачі інформації та ефективності функціонування комп'ютерних мереж. Запропоновані способи маршрутизації для оптимального розподілу трафіку в мережах даних також можуть забезпечити достатній рівень якості сервісу (QoS) для користувачів, що є однією із глобальних проблем при передачі трафіку. Основна вимога QoS в більшості випадків є уникнення верхніх меж затримки на шляху. Визначено основні проблеми при передачі трафіку, такі як нерівномірне навантаження мережі. Для ефективного використання ресурсів мереж, пропонується виконувати перерозподіл пакетів при передачі трафіку на різні маршрути у способи, які дозволяють уникнути коливального ефекту в динамічній мережі.

Abstract- The work presents options that allow you to analyze the traffic that passes through the computer network, the possible impact on traffic balancing and forecasting of overloads in networks of communication networks for increase of security, quality of transmission of information and efficiency of functioning of computer networks. The proposed methods of routing for optimal traffic distribution in data networks can also provide a sufficient level of quality of service (QoS) for users, which is one of the global problems in transmitting traffic. The

basic requirement of QoS in most cases is to avoid the upper limits of the delay in the path. The main problems in transmitting traffic, such as uneven network load, are identified. For efficient use of network resources, it is proposed to redistribute packets when transmitting traffic to different routes in ways that avoid the oscillatory effect in a dynamic network.

Ключові слова: трафік, оптимізація потоку, динамічність, балансування, якість передачі трафіку, комп'ютерна мережа, альтернативні маршрути. .

Keywords: traffic, stream optimization, dynamics, balancing, traffic quality, computer network, alternative routes.

I. ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

У багатоканальних мережах дуже часто трапляється ситуація за якої певний зв'язок недостатньо використовується там, де основна магістральна лінія може мати перевантаження зв'язку. Виникнення такого стану мережі або її окремих каналів відбувається тому, що протоколи маршрутизації IGP при виявленні найкоротшого шляху надсилають трафік на нього, не враховуючи інші параметри динамічної мережі, такі як вимоги до трафіку, завантаженість каналів тощо.

Traffic Engineering (TE) - це техніка, яка допомагає маніпулювати потоком – пакетами інформації, щоб досягти більш рівномірного розподілу трафіку по всім

маршрутам та шляхам. Вміння «примушувати» трафік прямувати певним шляхом, дозволяє максимально використовувати існуючу ємність мережі, спрощуючи, одночасно, передачу трафіку.

Проблематичне використання стандартних протоколів маршрутизації полягає в тому, що вони не враховують максимально всі можливі параметри мережі в режимі реального часу, не здійснюють постійного контролю за станом мережі.

Як дистанційно-векторні протоколи – RIP, так і протоколи з урахуванням стану каналів (OSPF, IS-IS, NLSF) передають інформацію по вузлам мережі, використовуючи виявлені найкоротші шляхи з відповідним урахуванням певних метрик. Обраний протоколами стану каналів найкоротший шлях можна вважати більш раціональним, якщо в розрахунок приймається до уваги номінальна пропускна здатність каналів зв'язку, величина та наявність затримок в мережі, або менш раціональним, якщо в основу розрахунку найкоротшого шляху покладено лише кількість проміжних вузлів між вузлом відправлення та вузлом місця призначення.

Крім того, миттєве реагування на негативні зміни в роботі мережі з метою прийняття рішення з перенаправлення трафіку дозволить вирішити проблему нерівномірного навантаження.

Інжиніринг трафіку (TE) допомагає ефективніше використовувати мережеві ресурси, зокрема створити умови балансування навантаження, запобігання перевантаженню та середньої затримки.

Аналіз досліджень показав, що проблему балансування трафіку та забезпечення якості його передачі в повному обсязі не вирішено.

На основі запропонованої моделі мережевого трафіку [1] функціональна залежність розміру буфера від пропускної здатності каналу і параметрів вхідного трафіку дозволяє при заданих розмірах буферної пам'яті і пропускної здатності каналу визначити гранично допустиме навантаження в мережі.

Одним із способів підвищення рівня якості обслуговування трафіку є вибір найбільш раціонального шляху для його направлення через мережу.[2]

II. ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХОДІВ ВПЛИВУ НА ТРАФІК, ЩО ПЕРЕДАЄТЬСЯ В МЕРЕЖІ

Для будь-яких впливів на потоки інформації з метою їх оптимізації необхідної та першочерговою задачею є визначення параметрів які характеризують трафік. Подальший аналіз дасть можливість дізнатися, на які параметри можна вплинути.

Застосування обмежень на параметри процесів керування в мережах, що регулюються на основі методів прийняття рішення вибирається таким чином, щоб забезпечити максимальне значення показників: часу реакції, пропускної здатності та мінімальне значення затримки передачі пакетів, урівноваження та зниження коефіцієнту завантаження каналу.

Як зазначалося раніше, протоколи маршрутизації робота яких зосереджена на передачі трафіку по найкоротшому шляху, як наслідок отримуємо перевантаження основного шляху, а інші мережеві вузли простоюватимуть в режимі очікування. Типовим прикладом ситуації неефективного використання ресурсів є мережа з топологією, зображена на рис.1. Трафік буде рухатися по маршруту 1-4-7, не дивлячись на існування альтернативних маршрутів 1-2-5-7 та 1-3-6-7. Більше того, хоч і основний маршрут є найкоротшим з точки зору кількості переходів через вузлові маршрутизатори, це абсолютно не означає, що він є оптимальним, оскільки не враховані ні сумарна швидкість навантаження на канали, ні пропускна спроможність каналу. При паралельному використанні всіх маршрутів, ситуаційна картина навантаження буде більш зрівноважена.

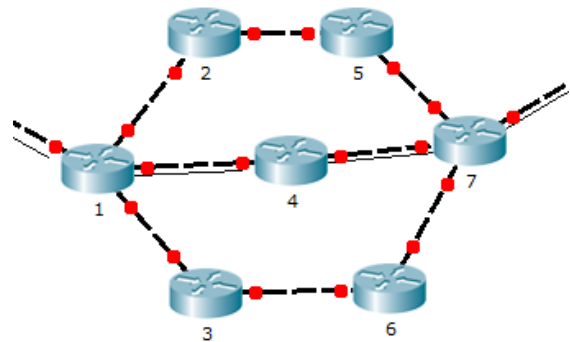


Рис. 1. Неефективне використання ресурсів мережі

Наразі, для повноти проведення аналізу необхідно виділити основні характеристики мереж. В загальному мережа характеризується такими параметрами:

- кількість інформації (кількість передаваного потоку; швидкість передачі та кількість трафіку, що очікує на передачу).
- заходи з оцінки якості (наскільки швидко, оптимально та без втрат відбувається використання ресурсів для передачі трафіку).
- класифікаційні заходи (який вид трафіку передається).

Кількість інформації характеризується обсягом даних, часовими можливостями та пропускною спроможністю.

Обсяг даних виражається у визначенні сумарної швидкості потоку, що представляє собою вимірювання кількості трафіку, який транспортується через певну точку в визначений період часу.

Зміна ситуації в мережі при передачі трафіку відбувається у кожен момент часу. Динаміка передачі даних залежить не лише від швидкості (інтенсивності) потоку, а й від механізму руху інформації, зокрема маршруту трафіку.

Вимірювання потоку трафіку може мати різні інтерпретації, в залежності від умов, що існують вище або

нижче за місцем вимірювання, а також безпосередньо в місцях проведення виміру.

Розглянемо ситуацію, коли в мережі немає заторів, які обмежують швидкість потоку передачі трафіку, тоді швидкість потоку дорівнює існуючій кількості трафіку. В іншій ситуації, коли в мережі сформувалась черга, то вимірюваний потік виражається у величині пропускної здатності вузьких місць в цьому потоці.

В такому випадку доцільно визначити поняття «попиту» в комп'ютерних мережах. Отже, попит - це обсяг трафіку або швидкості потоку, що надходить, з певним набором умов проходження по мережі. Коли обмеження пропускної спроможності мережі відсутнє, фактичний коефіцієнт потоку в мережі буде відповідати попиту. Однак, у випадках, коли кількість інформації, яку необхідно передати через мережу, перевищує пропускну спроможність самої мережі, виникає ситуація формування черги, фактичні вимірювання будуть меншими ніж попит на передачу трафіку.

III. ВИЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ СМУГОЮ ПРОПУСКАННЯ ЗА АЛЬТЕРНАТИВНИМИ МАРШРУТАМИ

Для оптимального прийняття рішень підсистеми керування і аналізу трафіку, необхідно передбачити можливе навантаження в мережі на наступному етапі передачі інформації, а не після виникнення заторів в мережі. Виявлення збільшення потоку інформації можливо на попередніх вузлах мережі, тоді пакети, які будуть надходити заздалегідь будуть розподілені на інші гілки мережі, в залежності від їх пропускної спроможності та навантаження.

Коли трафік буде розподілений по іншим каналам (альтернативним маршрутам), на цьому етапі буде важливо оцінити очікуваний попит на альтернативний маршрут.

На жаль, значення попиту на передачу трафіку важко отримати безпосередньо. Якщо перевантаження існує або в напрямку трафіку вище точки відведення по мережі або по альтернативному маршруту, виміряна швидкість потоку буде нижча за потенційний попит.

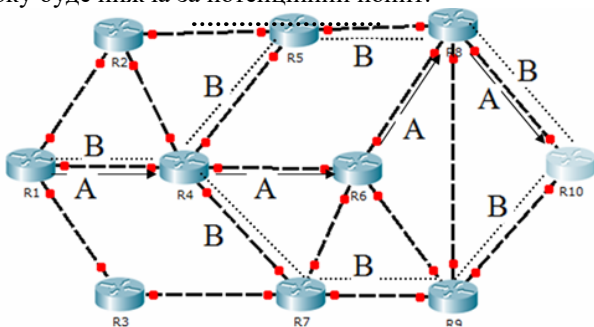


Рис. 2. Демонстрація фрагменту мережі з альтернативними маршрутами: А – напрямок трафіку по ланці, де виникло перевантаження на переході R4-R6-R8; В – напрямок трафіку в мережі – альтернативного маршруту.

На рис. 2 зображено фрагмент мережі з виявленням затримок та перерозподіл трафіку на незавантажений альтернативний маршрут.

Так, припустимо, що в мережі на маршруті А (R1-R4-R6-R8-R10) на переході R4-R6-R8 виникло перевантаження, реакція на це – перерозподіл трафіку на альтернативні маршрути В : R1-R4-R5-R8-R10 та R1-R4-R7-R8-R10.

Технологія інжинірингу трафіку здійснює управління смугою пропускання, яка враховує максимальну пропускну спроможність, мінімальну завантаженість і балансування навантаження в мережі. ТЕ направляє трафік по каналах, де доступна пропускна здатність мережі. Інжиніринг трафіку з метою балансування навантаження може зменшити максимальне використання лінії зв'язку і підвищити ефективність пропускної здатності. Через те, що значна затримка може виникнути в переповнених з'єднаннях, зменшення кінцевої затримки може бути досягнуто як побічний результат балансування навантаження.

Завдання інжинірингу трафіку у визначенні маршрутів проходження потоків трафіку через мережу, тобто визначається точна послідовність проміжних вузлів, комутаторів та інтерфейсів. При цьому вибір шляху повинен відбуватися так, щоб ресурси мережі були навантажені рівномірно, а кожен потік був забезпечений достатнім рівнем якості обслуговування (QoS).

IV. ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАДАЧІ ІНЖИНІРИНГУ ТРАФІКУ

Визначаємо параметри та формули, якими будемо оперувати для розв'язання задачі Т1.

Так, λ (п/с) – сумарна швидкість з урахуванням всіх потоків через певний канал.

- Визначаємо пропускну спроможність каналу у можливій кількості пакетів, переданих за 1 с:

$$\mu V = V/N_{\text{пак}} \quad (1)$$

де V – пропускна спроможність каналу в бітах за секунду (б/с), $N_{\text{пак}}$ – середній розмір пакету.

- Для проведення відносного аналізу загальної ситуації в мережі застосовується коефіцієнт завантаження каналу - ρ . Так, він прямо пропорційно залежить від сумарної швидкості потоку, середнього розміру пакету та обернено пропорційно від пропускної спроможності каналу.

$$\rho = \lambda/\mu V \quad (2)$$

- Розраховуємо затримку пакетів у каналі – T, як зворотну величину різниці пропускної спроможності та сумарної швидкості, для цього скористаємось формулою (3) при дотриманні умови $\mu V \neq \lambda$

$$T = \frac{1}{(\mu B - \lambda)} \quad (3)$$

- Визначаємо M - масштабний коефіцієнт, відсоток трафіку, що проходить через канал із співвідношенні до всього трафіку досліджуваного фрагменту мережі.

$$M = \lambda / \sum_n \lambda \quad (4)$$

де n – кількість з'єднань між маршрутизаторами (ребер між вершинами).

- Для розрахунку W - зваженої затримки пакетів в каналі скористається добутком (4) масштабного коефіцієнту та затримки пакетів в каналі:

$$W = M \times T \quad (5)$$

- З метою оцінки загального стану рівня незавантаженості каналів скористаємось коефіцієнтом простою - τ :

$$\tau = \mu B / \lambda \quad (6)$$

- Визнаємо ефективність використання мережі в межах кожного окремого каналу як відношення коефіцієнту завантаження до коефіцієнту простою:

$$\varepsilon = \rho / \tau \quad (7)$$

Так і в межах масштабної характеристики всіх мережі:

$$\varepsilon_M = \frac{\sum_n \rho}{\sum_n \tau} \quad (8)$$

V. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧІ ІНЖИНІРИНГУ ТРАФІКУ

Технологія інжинірингу трафіку здійснює управління смугою пропускання, яка враховує максимальну пропускну спроможність, мінімальну завантаженість і балансування навантаження в мережі. ТЕ направляє трафік по каналах, де доступна пропускна здатність мережі. Інжиніринг трафіку з метою балансування навантаження може зменшити максимальне використання лінії зв'язку і підвищити ефективність пропускну здатності. Через те, що значна затримка може виникнути в переповнених з'єднаннях, зменшення кінцевої затримки може бути досягнуто як побічний результат балансування навантаження.

Проведемо експериментальні розрахунки вищенаведених параметрів за принципом теорії масового обслуговування [3]. Для початку необхідно визначити

початкові умови задачі: топологію мережі, пропускну спроможність каналів (рис. 3), потоки та кількість пакетів в них (табл. 1).

Вирішення задачі інжинірингу трафіку розглянемо на прикладі мережі, зображеної на рис. 3.

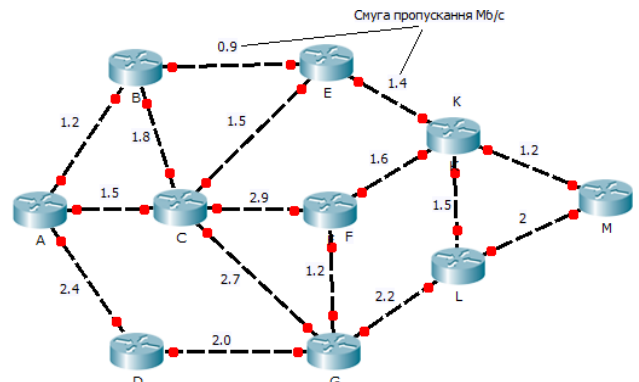


Рис. 3. Топологія мережі з визначеними смугами пропускання.

На основі топології досліджуваної комп'ютерної мережі, в якості параметрів зазначаємо потоки та кількості пакетів, які проходять через них. Ці вхідні дані, необхідні для аналізу та подальших розрахунків, заносимо до табл. 1..

ТАБЛИЦЯ 1. ПОЧАТКОВІ ДАНІ ЗАДАЧІ ІНЖИНІРИНГУ ТРАФІКУ

№	Потік	Пакети (к-сть)	№	Потік	№
1	ABEK	19	13	ECFKM	28
2	ABCF	8	14	DGLM	21
3	ABCE	9	15	CFGLM	4
4	ACEK	5	16	ECGLM	15
5	ACFK	9	17	ECFKL	23
6	ACFGL	12	18	BCEKM	9
7	ACGL	5	19	BCFKM	11
8	ADGF	24	20	BCGL	16
9	ADGL	17	21	FKLG	12
10	ADGC	8	22	DACF	23
11	BADGL	3	23	DGCE	8
12	CGLM	10	24	FCBE	11

Величини вихідних параметрів та розрахунків занесемо до табл. 2.

ТАБЛИЦЯ II. – РОЗРАХУНОК ОСНОВНИК ПАРАМЕТРІВ

Рєбро	B (Mb/s)	Λ (p/s)	μB (p/s)	ρ, %	T (ms)	M	W(ms)
AB	1,20	39	103	37,86	15,63	0,04	0,625
AC	1,50	54	128	42,19	13,51	0,055	0,748
AD	2,40	75	205	36,59	7,69	0,076	0,591
BE	0,90	30	77	38,96	21,28	0,030	0,654
BC	1,80	64	154	41,56	11,11	0,065	0,729
DG	2,00	81	171	47,37	11,11	0,083	0,923
CE	1,50	97	128	75,78	32,26	0,099	3,209
CF	2,90	129	248	52,02	8,40	0,132	1,111
CG	2,70	62	231	26,84	5,92	0,063	0,376
FG	1,20	40	103	38,83	15,87	0,041	0,651
EK	1,40	33	120	27,50	11,49	0,033	0,389
FK	1,60	83	137	60,58	18,52	0,085	1,576
GL	2,20	115	188	61,17	13,70	0,117	1,615
KL	1,50	35	128	27,34	10,75	0,035	0,385
KM	1,20	28	103	27,18	13,33	0,028	0,382
LM	2,00	10	171	5,85	6,21	0,010	0,063
Всього пакетів		975		6,48	Сумарна затримка		14,03
Розмір пакету		1,5			Середня затримка		0,8771

Якщо проаналізувати коефіцієнт завантаження каналу, на маршрутах, який включає ланку CE, бачимо високий рівень завантаження мережі – 75,78 %. Серед наборів потоків знайдемо такі, котрі прямують від однієї тієї ж початкової точки точок до того ж самого місця призначення через ланку CE. Так, таким набором є – ECFKM (28 пак) та ECGLM (15 пак). Проаналізуємо маршрути за пропускною спроможністю мережі та перерозподіємо трафік для врівноваження.

Розрахуємо пропускні спроможності каналів для ECFKM та ECGLM:

$$V_{ECFKM} = 1,5 \text{ Mb/s} + 2,9 \text{ Mb/s} + 1,6 \text{ Mb/s} + 1,2 \text{ Mb/s} = 7,2 \text{ Mb/s}$$

$$V_{ECGLM} = 1,5 \text{ Mb/s} + 2,7 \text{ Mb/s} + 2,2 \text{ Mb/s} + 2 \text{ Mb/s} = 8,4 \text{ Mb/s}$$

Параметри мережених потоків дозволяють не лише визначити завантаження системи в цілому, а й після впровадження певних змін досягнути покращення результату передачі інформації з меншими затримками, з мінімальним перевантаженнями мережених потоків та рівномірного розподілу

У маршрутах ECFKM - 28 пакетів, а ECGLM - 15 пакетів, останній маршрут має більшу пропускну спроможність, тому частину пакетів маршруту ECFKM пере направимо по маршруту ECGLM, отримаємо ECFKM - 18 пакетів, а ECGLM - 25 пакетів. Зміни занесемо до табл. 3.

ТАБЛИЦЯ III. – РОЗРАХУНОК ОСНОВНИК ПАРАМЕТРІВ ПІСЛЯ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ПАКЕТІВ

Рєбро	λ(p/s)	ρ, %	T(ms)	M	W(ms)
AB	39	37,86%	15,63	0,0404145	0,6314767
AC	54	42,19%	13,51	0,0559585	0,7561966
AD	75	36,59%	7,69	0,0777202	0,5978477
BE	30	38,96%	21,28	0,0310881	0,6614486
BC	64	41,56%	11,11	0,0663212	0,7369027
DG	81	47,37%	11,11	0,0839378	0,9326425
CE	97	75,78%	32,26	0,1005181	3,2425205
CF	119	47,98%	7,75	0,1233161	0,9559385
CG	72	31,17%	6,29	0,0746114	0,4692541
FG	40	38,83%	15,87	0,0414508	0,6579488
EK	33	27,50%	11,49	0,0341969	0,3930677
FK	73	53,28%	15,63	0,0756477	1,1819948
GL	125	66,49%	15,87	0,1295337	2,0560901
KL	35	27,34%	10,75	0,0362694	0,3899939
KM	18	17,48%	11,76	0,0186528	0,2194453
LM	10	5,85%	6,21	0,0103627	0,0643646
Всього пакетів	965	6,36	Сумарна затримка		13,947133
Розмір пакету	1,5		Середня затримка		0,8716958

ВИСНОВКИ

Дослідження методів впливу на передачу трафіку та параметрів в комп'ютерній мережі є найбільш необхідним для забезпечення якості, балансування та оптимізації передачі інформації. Особливо важливу роль це відіграє для роботи сервісів, що забезпечують передачу мультимедійного трафіка і трафіка реального часу.

Таким чином, актуальною є задача розробки та аналізу методів балансування навантаження та інжинірингу трафіку, які враховують характеристики пакетів інформації і завантаження кожного вузла та всієї системи загалом. Запропонований спосіб визначення альтернативних маршрутів та перерозподіл частини трафіку з більш завантаженої гілки на менш завантажену, дозволяє вирішити проблему надмірного навантаження на визначений найкоротший та оптимальний шлях..

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1]] L. Kyrychenko, Algoritm preduprezhdeniya peregruzki komp'yuternoy seti putem prognozirovaniya sredney dliny ocheredi / L. O. Kyrychenko, T. A. Radyvylova, A. V. Storozhenko // Kibernetika ta systemnyy analiz: Zbirnyk naukovykh prats'. - Kh.: Kharkiv's'kyi universytet povitryanykh syl imeni Ivana Kozheduba, 2007. – Vyp. 3 (15). – S. 94-97.
- [2] Kucheryavyy Ye.A. Upravleniye trafikom i kachestvo obsluzhivaniya v seti Internet. – SPb.: Nauka i Tekhnika, 2004. – 336 s.
- [3] Rozenberg, V. YA. Chto takoye teoriya massovogo obsluzhivaniya [Tekst] / V. YA. Rozenberg, A. I. Prokhorov. – M. : Sovetskoye radio, 1962.– 254 s.
- [4] Tiwari A., Sahoo A. A local coefficient based load sensitive routing protocol for providing QoS // IEEE International conference on parallel and distributed systems. – Volume 1. – 2006.