**Лабораторна робота №1**

**Розрахунок показників якості системи масового обслуговування**

**Мета роботи:** Ознайомитись з теорією масового обслуговування та отримати практичний досвід розрахунку показників якості системи масового обслуговування з використанням моделі М/М/1 та M/M/N.

**Завдання**

Розрахувати показники якості системи масового обслуговування, яка обслуговує користувачів, що посилають до сервера заявки на обслуговування і одержують від нього відповіді по мережевому каналу зв’язку.

**Порядок виконання роботи**

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями про СМО [4 (СМО3 -> Теорія -> 1.1, 1.2, 1.3, 1.6, 2)].

2. Вибрати варіант завдання з таблиці 1.1. Варіанти вибираються по списках груп: ДА-Х1, ДА-Х2.

Таблиця 1.1. Варіанти завдань

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варіанту /Параметри | Кількість користувачів | Середній розмір заявки (Кбайт) | Середня кількість заявок від одного користувача | Середній розмір відповіді (Кбайт) | Кількість серверів |
|  | Денна форма навчання | | |  |  |
|  | 770 | 0.4 | 10 | 850 | 2 |
|  | 870 | 0.6 | 15 | 150 | 2 |
|  | 570 | 0.7 | 10 | 1000 | 2 |
|  | 1700 | 0.8 | 15 | 270 | 3 |
|  | 870 | 0.5 | 20 | 320 | 2 |
|  | 370 | 0.4 | 10 | 430 | 1 |
|  | 270 | 0.6 | 15 | 700 | 1 |
|  | 370 | 0.3 | 8 | 700 | 1 |
|  | 370 | 0.5 | 12 | 600 | 1 |
|  | 470 | 0.4 | 18 | 500 | 1 |
|  | 270 | 0.5 | 20 | 550 | 1 |
|  | 370 | 0.6 | 13 | 400 | 1 |
|  | 1170 | 0.3 | 12 | 600 | 3 |
|  | 970 | 0.4 | 16 | 550 | 2 |
|  | 770 | 0.3 | 20 | 750 | 2 |
|  | 970 | 0.5 | 18 | 200 | 2 |
|  | 670 | 0.6 | 7 | 900 | 2 |
|  | 1770 | 0.7 | 12 | 300 | 3 |
|  | 870 | 0.4 | 18 | 350 | 2 |
|  | 470 | 0.3 | 8 | 450 | 1 |
|  | 370 | 0.5 | 16 | 650 | 1 |
|  | 270 | 0.6 | 10 | 800 | 1 |
|  | 570 | 0.7 | 15 | 750 | 1 |
|  | 670 | 0.5 | 20 | 750 | 1 |
|  | 470 | 0.7 | 10 | 850 | 1 |

3. Частина параметрів системи приведена у таб.1.1. Необхідно підібрати решту параметрів системи, виходячи з необхідних (ефективних) показників її якості. У разі неможливості добитися бажаних показників вказати у висновках, що потрібно зробити додатково. Наприклад, як потрібно використовувати сервер, якщо при виконанні тільки даної задачі він буде використовуватись не ефективно.

Як технологію каналів мережі можна вибирати дротовий Ethernet, для деяких варіантів може підійти WiFi. Можна об'єднувати декілька каналів (Ethernet) в один логічний зв'язок із сумарною швидкістю (агрегований канал). Є схеми об'єднання WiFi каналів, але це складніше. В будь якому разі потрібно пояснити, як організувати агрегований канал, Потрібно звертати увагу на те, чи канал дуплексний чи напівдуплексний.

4. Виконати автоматичний підбір всіх параметрів системи. Для автоматичних розрахунків скористатися програмою програму <https://smo-3.herokuapp.com/index.htm>.

5. Виконати аналітичний розрахунок параметрів системи СМО тільки для сервера/кластеру серверів з тими ж вхідними параметрами.

6. Порівняти результати пунктів 4 і 5.

7. Оформити звіт по роботі

**Короткі теоретичні відомості**

Математична модель реальної системи масового обслуговування будується для оцінки показників якості цієї системи. Для системи з чергами найважливішим показником є завантаженість системи [1(гл.9), 2 (додаток 4), 3(гл.5,6)].

**Для моделювання ділянки між комутуючим пристроєм, що об’єднує користувачів, і сервером/кластером серверів при використанні *дуплексного* каналу між ними потрібно використати 3 послідовно включені моделі СМО**: вхідний канал, сервер і вихідний канал. Для системи з декількох серверів (кластер серверів) та для агрегованого каналу будемо використовувати модель із загальною чергою. Для каналів обслуговуючим пристроєм є сам канал, точніше реалізація фізичного протоколу мережевої технології в його вихідному порті, а швидкість обслуговування – це швидкість пересилки заявок і відповідей (пропускна здатність каналу).

Нижче приводиться приклад розрахунків для однієї з цих моделей СМО, а саме для сервера/кластеру серверів. Для каналів параметри розраховуються аналогічно.

*Середня кількість заявок від одного користувача в сік ( N\_tranz)*

*Кількість обслуговуючих пристроїв, що працюють паралельно (N )*

*Довжина такту процесора сервера(T\_takt\_proc) (сек)*

*T\_takt\_proc=1/F\_proc*

*Середня довжина виконання однієї операції(T\_oper) (сек)*

*T\_oper=takt\_op\*T\_takt\_proc*

*Середній час обробки заявки процесором(T\_work\_t) (сек)*

*T\_work\_t=N\_op\*T\_oper*

*Середня тривалість обслуговування заявки одним сервером (T\_adopt\_t)*

*T\_adopt\_t=T\_work\_t*

*Середній час між надходженнями заявок(T\_mt) (сек)*

*T\_mt=60/N\_users\*N\_tranz*

*Hагpузка одного обслуговуючого пристрою (P)*

*P=T\_adopt\_t/(T\_mt)N*

*Інтенсивність надходження заявок(L) (заявок/сек)*

*L=1/T\_mt*

*Інтенсивність обслуговування одним пристроєм (M) (заявок/сек)*

*M=1/T\_adopt\_t*

*Середнє число заявок за час T на один обслуговуючий пристрій(N\_T)*

*N\_T=T\*L/N*

*Загальний час зайнятості одного обслуговуючого пристрою (T\_b) (сек)*

*T\_b=N\_T/M*

*Коефіцієнт використання системи масового обслуговування (U)*

*U=min(T\_b/T, 1)*

*Пропускна спроможність системи масового обслуговування (LU) (заявок/сек)*

*LU=min(L, N\*M) (середнє число заявок, які обслуговуються в сек.)*

*Середній час очікування заявки в системі СМО (Tq) (сек) (сервер + черга до нього)*

*Tq =Tw+ T\_adopt\_t, де Tw - середній час очікування заявки в черзі*

*Середня кількість заявок в системі СМО (q ):*

*q =w+ NP, де w – середня кількість заявок в черзі*

*Щоб розрахувати Tw і w необхідно розрахувати:*

*С=(* *N*,*U)=1-К/1-РК – вірогідність того, що кількість заявок, які знаходяться у даний час у системі (у черзі або на обслуговуванні), буде не менше (≥ ) ніж кількість серверів, К – коефіцієнт пуасонівського розподілу:*

N-1 (Np) i  N (Np) i

К= ∑ ⎯ / ∑ ⎯

i=0 i! i=0 i!

*При N=1 справедливо С=Р*

*Середній час очікування заявки в черзі до сервера (Tw) (сек):*

*Tw= ((C/N)\*T\_adopt\_t))/1-P, для одного сервера Tw= PT\_adopt\_t/1-P*

*Середня кількість заявок в черзі:*

*w=C\*P/1-P, для одного сервера w=P2/1-P*

*Середній час очікування відповіді на ділянці канал +сервер (T\_wait) (сек)*

*T\_wait=T\_trans\_a+T\_trans\_t+Tq+TqcanIn+TqcanOut,*

*Середній час передачі заявки(T\_trans\_t) (сек)*

*T\_trans\_t=pac\_t/speed*

*Середній час передачі відповіді(T\_trans\_a) (сек)*

*T\_trans\_a=pac\_a/speed*

*Середній час очікування заявки в черзі до вхідного і вихідного каналу*

*TqcanIn (сек) та TqcanOut (сек) – розраховуються аналогічно середньому часу очікування заявки в черзі до сервера (Tw)*

**Приклади розрахунків:**

Для системи з чергами найважливішим показником є завантаженість системи. Від цього показника залежать всі інші.

Проста міра завантаженості системи (у нашому випадку сервера) з чергами – навантаження системи Р:

середня тривалість обслуговування заявки

Р =

середній час між моментами надходження заявок

Обчислимо середню тривалість обслуговування заявок, прийнявши до уваги наступні дані :

* Інтенсивність потоку заявок від одного користувача = 1заявка/хвилину;
* Середня кількість користувачів =10;
* Тактова частота процесора сервера = 166 Мгц;
* Середня кількість операцій при обробці заявки = 166000000;
* Середня кількість тактів процесора на операцію = 2;
* Середня величина пакету заявки = 1 кБайт (8кбіт);
* Середня величина пакету відповіді = 50 кБайт (400кбіт);
* Середня швидкість передачі даних в мережі = 600 кбіт/с.

Обчислимо :

* Тривалість такту процесора сервера = 1/166 \* 1000000 = 6Е-9 с;
* Середня тривалість виконання однієї операції = 2\*6Е-9 = 1.2Е-8 с;
* Середній час обробки заявки процесором = 1.66Е8\*1.2Е-8 = 2 с;

В результаті отримуємо:

* Середня тривалість обслуговування заявки T\_adopt\_t = 1/М = 2 с, а М = 1/2сек=0.5 – інтенсивність обслуговування.

При номінальному режимі завантаження пристрою, обслуговуючого 10 користувачів, середній час між моментами надходження заявок T\_b= 1/L = 60/10\*1=6 сек, а L = 1/6сек =0.17 – інтенсивність надходження заявок

Тоді, Р =L /МN =0.17, якщо в системі 2 обслуговуючих пристрої. Якщо у системі 1 обслуговуючий пристрій, Р=0,34.

У системі масового обслуговування з N = 2 обслуговуючими пристроями на кожне з них доводиться в середньому L/N = 0,085 заявок в одиницю часу. Тому завантаження загальної системи може бути збільшена в 2 рази.

Розглянемо тривалий інтервал часу Т = 3600 с. У системі масового обслуговування з N = 2 обслуговуючими пристроями на кожне з них за час Т поступає по ТL/N = 306 заявок в припущенні, що потік заявок рівномірно розподіляється по N пристроям. Оскільки кожна заявка вимагає в середньому часу обслуговування 1/М = 2с, то загальний середній час зайнятості обслуговуючого пристрою складе ТL/N \*1/М = 612 с. Поділивши цю величину на Т, отримаємо коефіцієнт використання СМО U = 0.17.

Оскільки коефіцієнт використання системи масового обслуговування з N обслуговуючими пристроями дорівнює min(L/NМ, 1), то U = min (0,17,1) = 0,17.

Поки система не перевантажена коефіцієнт використання U співпадає з навантаженням Р.

Пропускна спроможність системи - середнє число заявок, що обслуговуються в одиницю часу. У системі масового обслуговування з N обслуговуючими пристроями за одиницю часу в середньому завершується обслуговування NМ заявок :

LU = min(L,NМ)= min(0.17, 2\*0.5)= 0.17.

Таким чином, пропускна спроможність співпадає з інтенсивністю надходження заявок L до тих пір, поки L менше максимальної інтенсивності обслуговування NМ, вище якої пропускна спроможність піднятись не може.

Визначимо середній час очікування заявки в черзі Tw і середній час знаходження заявки в системі Тq (сервера) **з N =1** (система з одним сервером).

Тw = РT\_adopt\_t/1-Р = 0.34\*2/1-0.34 = 0,68/0,66 =1,03 сек;

Tq = Tw+ T\_adopt\_t*=* 1, 03+ 2= 3,03 сек;

або РT\_adopt\_t/1-Р +T\_adopt\_t = T\_adopt\_t*(*Р +1-Р) /1-Р=T\_adopt\_t/1-Р = 2сек/1-0,34 = 3,03 сек;

Середня кількість заявок в черзі:

w = Р2/1-Р = 0.1156/0.66 =0.175 ;

Середня кількість заявок в системі:

q = Р/1-Р = 0.34/1-0.34 =0.515:

Інакше, з урахуванням сталого режиму (Р < 1) можна отримати:

q = LTq = 0.17\*3,03 = 0.515,

w = LTw = 0.17\*1,03 = 0.175.

Оскільки в сталому режимі інтенсивність відходу обслужених заявок співпадає з інтенсивністю надходження заявок в систему, то L= М(1-Р0), де Р0 – вірогідність простою обслуговуючого пристрою. Звідси :

Р0 = 1 - Р = 0,66.

На останок :

Середній час передачі заявки = 8 кбіт /600 кбіт/с = 1.3Е-2 с;

Середній час передачі відповіді = 400 кбіт /600 кбіт/с = 6.7Е-1 с;

Для системи **з декількома серверами** формули необхідно брати з таб.5 розділу 2 теорії СМО

Наприклад, для системи з 2-мя серверами необхідно обчислити функцію Ерланга за формулою:

С(N,U)=1-К/1-PК, де К – коефіцієнт пуассоновского розподілу.

Р = L/N\*M=0.17; NP=2\*0.17= 0,34;

N-1 (NР) i N (NР) i

К=∑ ⎯ / ∑ ⎯ = 1+0.34/ (1+0.34+0,1156/2=0,0578) =1.34 / 1,3978= 0.959;

i=0 i! i=0 i!

С(N,U)= 1-0.959 / 1-(0.17\*0.959)= 0,041 / 0,837= 0,049;

Тw = ((C/N)\*T\_adopt\_t)) /1-P)= 0,049/2 \* 2 сек /1-0.17= 0,049сек / 0,83=0,059cек.

Tq = Tw+ T\_adopt\_t =0,059cек +2cек= 2,059cек.

w =C\*P/ 1-P = 0,049\*0.17/1-0,17= 0,00833/ 0,83 =0,01.

q = w+ NP = 0,01+2\*0,17= 0,35.

Нагадаємо, що кожен з каналів (вхідний/вихідний) також є системою СМО зі своєю чергою до каналу. Для вхідного каналу черга знаходиться у буфері вихідного порту комутатора / маршрутизатора, а для вихідного каналу – у буфері вихідного порту адаптера сервера. Всі параметри якості системи СМО для каналів розраховуються аналогічно параметрам системи СМО для сервера. Для прикладу розрахуємо тільки :

Середній час передачі заявки:

T\_trans\_t=pac\_t/speed =8 кбіт/600 кбіт/с = 0.013 сек.

Середній час передачі відповіді:

T\_trans\_a=pac\_a/speed=400кбіт/ 600 кбіт/с=0.67 сек.

**Контрольні запитання**

1. Які значення параметрів системи Ви вибирали на підставі розрахунку її параметрів по моделі СМО. Ваші виводи по застосуванню отриманої системи.
2. Назвіть елементи і параметри математичної моделі СМО. Які з них характеризують якість системи?
3. Порівняєте по точності аналітичні моделі СМО і імітаційне моделювання.
4. Назвіть допущення, що приймаються в СМО. Чи дотримуються вони у Вашому прикладі?
5. Які незалежні випадкові процеси є у Вашій системі. Якими законами розподілу вірогідності вони описані у Вашій моделі?
6. Назвіть обмеження, яким повинна відповідати послідовність випадкових подій, для її опису Пуассоновським законом. Чи дотримуються вони у Вашому прикладі?
7. У чому особливості експоненціального закону, назвіть обмеження, яким повинна відповідати послідовність випадкових подій для його використання?
8. Чи достатньо знати тільки середні значення параметрів, для чого потрібні їх середньо квадратичні відхилення, як і те і інше впливає на оцінку коефіцієнта завантаженості?
9. Класифікація моделей СМО по Ерлангу. Яка модель використана у Вашому прикладі?
10. Приведіть приклади інших систем, для яких може бути використана модель СМО.
11. Що таке коефіцієнт завантаженості? Які його значення бажано вибирати для нормальної роботи системи?
12. Як розрахувати необхідну пропускну спроможність каналу передачі даних?
13. З яких складових складається час відповіді? Як його розрахувати?

**Література**

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд.–СПб: Питер. 2006.- 958с.
2. Кульгин М. Энциклопедия. Технологии корпоративных сетей, –Санкт-Петербург: “Питер”, 2000.
3. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения..-СПб.:БХВ-Петербург, 2005.-288с.
4. Система автоматичного розрахунку параметрів СМО3 - Dragon2\Techmat\georgizova\Nets

Таблица единиц

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Единица** | **Аббревиатура** | **Сколько** |
| бит | б | 1 |
| байт | Б | 8 бит |
| килобит | кбит (кб) | 1 000 бит |
| килобайт | КБайт (KБ) | 1024 байта |
| мегабит | мбит (мб) | 1 000 килобит |
| мегабайт | МБайт (МБ) | 1024 килобайта |
| гигабит | гбит (гб) | 1 000 мегабит |
| гигабайт | ГБайт (ГБ) | 1024 мегабайта |
| терабит | тбит (тб) | 1 000 гигабит |
| терабайт | ТБайт (ТБ) | 1024 гигабайта |