

Дослідження параметрів вхідного потоку банківської автоматизованої системи управління

Стаття присвячена дослідженню параметрів вхідного потоку банківської автоматизованої системи управління за допомогою теорії масового обслуговування.

банківська АСУ, теорія масового обслуговування, потік Пуассона

У банківській справі, якщо мова йде про автоматизацію бухгалтерського обліку, необхідно забезпечити режим функціонування банківської автоматизованої системи управління (БАСУ) у реальному часі. У таких випадках особливо важлива наявність підтримки ухвалення швидкого рішення відповідальних операцій. Така підтримка може включати установку двох ЕОМ поруч у комп'ютерному залі (спиною до спини) для підтримки безперервних операцій у реальному часі, якщо одна з ЕОМ вийде з ладу на значний період часу. Друга ЕОМ може мати меншу потужність і може мати конфігурацію, яка забезпечує підтримку операцій у випадках, критичних для клієнта, хоча й у більш повільному часовому режимі й на більш низькому сервісному рівні. У цьому випадку, менша з ЕОМ може бути використана для розробки систем/програм і може включатися для розвантаження основної великої ЕОМ. Системи підтримки можуть передбачати також можливість установки додаткових ЕОМ в іншому місці з відповідними можливостями високошвидкісного зв'язку й перемикання між ними.

З цієї причини, при побудові в банку корпоративної мережі, однією зі складних технічних задач, які слід вирішувати розроблювачам, є задача побудови оптимальної обчислювальної структури як у розрізі надійності й швидкодії, так і в розрізі економічно ефективного використання. Дана задача вирішується шляхом аналізу й моделювання пропонованої структури обчислювальних засобів мережі з метою виявлення й запобігання появи вузьких місць у системі, оцінки поведінки черг і оптимального завантаження устаткування.

Розглянемо аналітичний підхід до оцінки ефективності роботи обчислювальних засобів БАСУ. Як метод рішення поставленої задачі доцільно використовувати методи теорії масового обслуговування (ТМО), як найбільш придатні для аналітичних розрахунків і імітаційного моделювання одночасно.

З погляду ТМО всю корпоративну мережу можна розглядати як багатофазну систему масового обслуговування (СМО). Далі представлена структурно-функціональна схема СМО, прийнята для аналітичних розрахунків. Відзначимо, що дана схема сильно спрощує дійсність, хоча дозволяє за допомогою аналітичних методів одержати деякі оцінки характеристик СМО. Більше наближену до реальної мережі схему СМО можна розглядати при імітаційному моделюванні. Тут же представлений певний рівень деталізації, що допускає аналітичні розрахунки.

Вхідним потоком у системі є потік заявок клієнтів банку на здійснення операцій по рахунках. Заявки послідовно проходять три етапи обробки в корпоративній мережі банку:

- первинна обробка й контроль у відділенні;
- передача по каналах зв'язку;
- обробка в БАСУ.

Заявки вводяться з робочих місць операціоністів, які розташовані у відділеннях банку. Робочі місця операціоніста крім функції введення реалізують функції першого етапу обробки, а саме: концентрація, первинний контроль і буферизація заявок, що вводяться. У силу помилковості або неповноти зазначених реквізитів частина заявок після первинного контролю відсівається (проріджування вхідного потоку), а заявки, що пройшли первинний контроль, надходять із відділення по каналах передачі даних на поштовий сервер, розташований у центральному офісі.

Другий етап обробки заявок у корпоративній мережі полягає в їхньому логічному контролі, здійснюваному на поштовому сервері. Тут також можливе відсівання частини заявок у силу їхньої логічної помилковості.

Заявки, що пройшли обробку на поштовому сервері, надходять на обробку в БАСУ. Тут реалізується третя, заключна фаза обробки заявок, після чого останні вертаються на робочі місця операціоністів, з якого були послані. Таким чином, завершується цикл трифазної обробки заявок.

Маємо трифазну СМО.

Першу фазу обслуговування становлять k паралельних систем типу $M|M|I$, на вхід кожної з яких надходить потік L_j ($j=1, \dots, k$), що є суперпозицією n_j , ($j=1, \dots, k$) незалежних потоків $L_{j_1}, \dots, L_{j_{n_j}}$, ($j=1, \dots, k$). Потік L_{j_r} , ($j=1, \dots, k, r=1, \dots, n_j$) надходить із r -го джерела заявок j -го каналу, незалежного від інших джерел [1]. Заявки стають у чергу Q_j , ($j=1, \dots, k$), з якої вибираються приладом B_j , ($j=1, \dots, k$) відповідно до принципу FIFO. Час обслуговування на приладі B_j розподілено експоненційно в загальному випадку з параметром m_j , ($j=1, \dots, k$), що підтверджується експериментальними даними. Вихідний потік приладу B_j незалежно проріджується з імовірністю q_j ($j=1, \dots, k$). Потік, отриманий у результаті проріджування, N_j , ($j=1, \dots, k$) надходить у другу фазу обслуговування на прилад C .

Вхідним потоком другої фази обслуговування, реалізованою системою $M|M|I$, є суперпозицією k незалежних потоків N_j , що є вихідними потоками першої фази обслуговування [2,4]. Із черги Q_c , у яку попадають заявки, вони вибираються приладом C . Час обслуговування на приладі C розподілене експоненційно з параметром m_c . Вихідний потік приладу C піддається незалежному проріджуванню з імовірністю q_c . Потік, отриманий у результаті незалежного проріджування, N_c є вихідним потоком другої фази й надходить на третю фазу обслуговування.

Третя фаза обслуговування реалізується системою типу $M|M|I$ (прилад D). Заявки надходять у чергу Q_D , з якої вибираються відповідно до принципу FIFO приладом D . Час обслуговування на приладі D розподілено експоненційно з параметром m . [1,3,5]

Пройшовши послідовно три фази обслуговування заявки залишають систему.

Слід зазначити, що вибір представленої схеми СМО обумовлений насамперед організаційно-функціональною структурою банків і тому досить точно для даного рівня деталізації відбиває всю організаційно-функціональну ієрархію системи кожного банку.

Як видно зі схеми СМО (рис. 1), перша фаза системи складається з k незалежно функціонуючих одноканальних СМО, що описують обробку інформації у фіксованому j -м відділенні (j = Вхідний потік L_j заявок j - ой системи ($j=1, \dots, k$) є суперпозицією n_j ($j=1, \dots, k$) незалежних потоків $L_{j_1}, \dots, L_{j_{n_j}}$ ($j=1, \dots, k$), де джерелом заявок, що становлять L_{j_r} потік заявок є робоче місце r каналу j (відділення) ($r=1, \dots, n_j, j=1, \dots, k$).

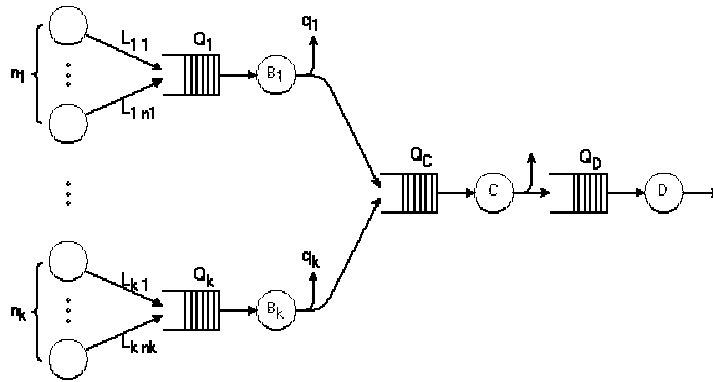


Рисунок 1 – Корпоративна мережа банку як система масового обслуговування

На підставі проведених досліджень із високим рівнем довіри (близько 97%) вхідний потік L_{jr} можна вважати нестационарним пуассонівським потоком з інтенсивністю $\lambda_{jr}(t)$ ($j=1, \dots, k, r=1, \dots, n_j$), що має якісний вид залежності від часу t , представлений на рис.2. Відзначимо, що інтенсивність надходження заявок $\lambda_{jr}(t)$ с r -го терміналу j -го відділення залежить від:

- дня тижня;
- досвіду конкретного оператора, що сидить за r -тим терміналом в j -му відділенні, тобто від номерів терміналу й відділення;
- місяця у кварталі;
- місяця в році.

Однак установлення точної залежності інтенсивності надходження заявок від всіх змінних не представляється поки можливим у силу недостатнього об'єму вибірки.

Відома наступна властивість пуассонівського потоку: суперпозиція незалежних пуассонівських процесів є також пуассонівським процесом із сумарною інтенсивністю. Вірно й зворотне твердження – якщо потік, що є суперпозицією незалежних потоків, є пуассонівським, то потоки, що складаються, також пуассонівські. У силу зазначеного вище властивості вхідним потоком заявок j -ї системи, що надходять на обслуговування на прилад B_j ($j=1, \dots, k$), $L_j = L_{j1} + \dots + L_{jn_j}$ – є нестационарний потік з пуассонівським розподілом і інтенсивністю:

$$\lambda_j(t) = \sum_{r=1}^{n_j} \lambda_{jr}(t), j=1, \dots, k. \quad (1)$$

Нагадаємо основні властивості нестационарного пуассонівського потоку з безперервною інтенсивністю $\lambda(t)$:

1. імовірність надходження заявки потоку в інтервалі $(t, t+h)$ дорівнює $\lambda(t) \cdot h + o(h)$, $h \rightarrow 0$;
2. імовірність надходження двох і більше заявок в інтервалі $(t, t+h)$ дорівнює $o(h)$, $h \rightarrow 0$;
3. нехай $t_0 \geq 0$, а (t_0+t_1) момент надходження першої після t_0 заявки потоку, тоді:

$$P\{t_1 < x\} = 1 - \exp\left\{-\int_{t_0}^{t_0+x} \lambda(t) dt\right\}, x \geq 0. \quad (2)$$

4. для будь-якого $n \geq 1$ і будь-яких непересічних інтервалів $\Delta_1, \dots, \Delta_n$ випадкові величини h_1, \dots, h_n , де h_i – число заявок потоку, що надійшли в інтервалі Δ_i ($1 \leq i \leq n$) – незалежні пуассонівські випадкові величини, причому:

$$P\{\eta_i = k_i, i = 1, \dots, n\} = \prod_{i=1}^n e^{-\Lambda_i} \times \frac{\Lambda_i^{k_i}}{k_i!}, \quad k_i \geq 0, \quad (3)$$

де

$$\Lambda_i = \int_{\Delta_i} \lambda(t) dt. \quad (4)$$

Функція $\Lambda(t) = \int_0^t \lambda(u) du$ називається провідною функцією нестационарного пуассонівського потоку.

Середнє число заявок потоку в інтервалі $[T_1, T_2]$ ($T_1 < T_2$) визначається в такий спосіб:

$$ML(T_1, T_2) = \sum_{k=1}^{\infty} k P\{L(T_1, T_2) = k\} = \sum_{k=1}^{\infty} k e^{[\Lambda(T_2) - \Lambda(T_1)]} \frac{[\Lambda(T_2) - \Lambda(T_1)]^k}{k!} = \Lambda(T_2) - \Lambda(T_1). \quad (5)$$

Зокрема

$$ML(0, T) = \Lambda(T). \quad (6)$$

Вихідними даними для аналітичної й імітаційної моделі є залежності й характеристики, отримані в результаті обробки експериментальних вимірів функціонуючої в цей час системи "клієнт-банк". У результаті статистичного аналізу протоколів отримана залежність інтенсивності надходження заявок $\lambda(t)$ на вхід системи, зображена на рис. 2, що представляє собою інтенсивність сумарного потоку. Крива на рис. 2 отримана в результаті апроксимації даних табл. 1. Інтенсивність потоку L_j ($j=1, \dots, k$) виходить з сумарної інтенсивності шляхом розкладання останньої на число відділень k , у даному випадку прийняте рівним 60, у силу властивості пуассонівського потоку. Аналогічним образом виходить і інтенсивність надходження заявок з терміналу $\lambda_{jr}(t)$, з огляду на те, що середнє число робочих місць операціоністів у відділенні дорівнює чотирьом. Результати обробки наведені в табл. 1. Для зручності розрахунків і моделювання введено поняття модельного часу. Початок роботи системи, рівний 8.30 ранку, приймається за 0 годин модельного часу.

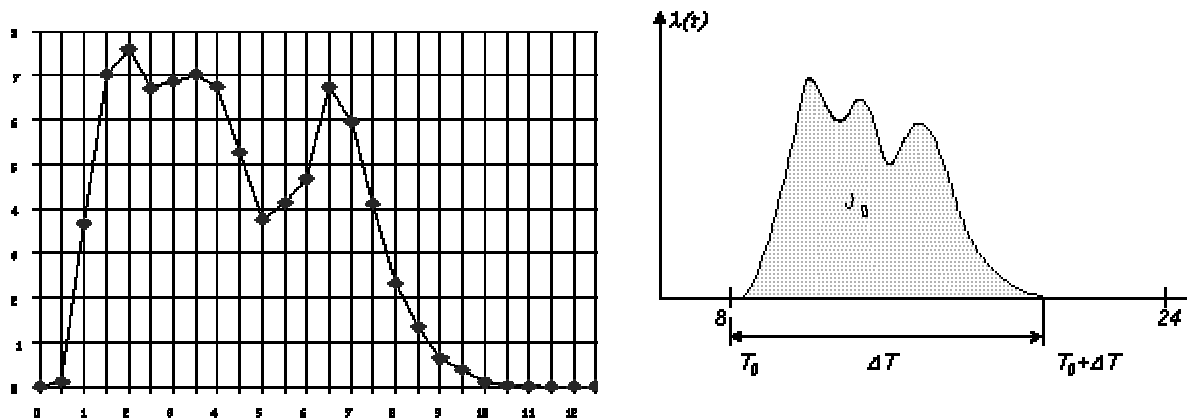


Рисунок 2 – Залежність інтенсивності вхідного потоку $\lambda(t)$ від часу робочого дня t

Слід зазначити, що наведені тут цифри є усередненими як по відділеннях, так і за порою року, номером робочого місця й т.д. Насправді ж інтенсивність введення заявок з різних робочих місць можуть сильно відрізнятись. Це обумовлено насамперед кваліфікацією конкретного оператора, що сидить за робочим місцем. Оператори з більшим досвідом і стажем роботи здатні досягти швидкості введення до 10 знаків/сек і

більше, що тоді як починає оператор уводить зі швидкістю 2-3 знаки/сек і менш. Однак середня швидкість уведення по численних дослідженнях цього питання становить 3-5 знаків/сек. Приймавши середню довжину заявки рівної 60 знакам, а швидкість введення 3 знаки/сек, одержуємо інтенсивність введення рівну 0.05 сек^{-1} , що є верхньою оцінкою інтенсивності надходження заявок з одного робочого місця й добре погодиться з експериментальними даними.

Таблиця 1 – Результати обробки експериментальних даних

t_p	$t_{мч}$	$\lambda(t), \text{сек}^{-1}$	$\lambda_j(t), \text{сек}^{-1}$	$\lambda_{jr}(t), \text{сек}^{-1}$	t_p	$t_{мч}$	$\lambda(t), \text{сек}^{-1}$	$\lambda_j(t), \text{сек}^{-1}$	$\lambda_{jr}(t), \text{сек}^{-1}$
8:30	0	0.0	0.0	0.0	15:30	7	5.955	0.099	0.0248
9:00		0.099	0.002	0.0005	16:00		4.119	0.069	0.0173
9:30	1	3.665	0.061	0.0153	16:30	8	2.328	0.039	0.0098
10:00		7.032	0.117	0.0293	17:00		1.337	0.022	0.0055
10:30	2	7.583	0.126	0.0315	17:30	9	0.628	0.011	0.0028
11:00		6.627	0.110	0.0275	18:00		0.371	0.006	0.0015
11:30	3	6.869	0.115	0.0287	18:30	10	0.093	0.002	0.0005
12:00		7.034	0.117	0.0293	19:00		0.021	0.003	0.000075
12:30	4	6.760	0.113	0.0283	19:30	11	0.007	0.0001	0.000044
13:00		5.266	0.088	0.0220	20:00		0.002	0.00004	0.000010
13:30	5	3.762	0.063	0.0157	20:30	12	0.003	0.00005	0.000013
14:00		4.131	0.069	0.0173	21:00		0.0	0.0	0.0
14:30	6	4.673	0.078	0.0195	21:30	>13	0.0	0.0	0.0
15:00		6.732	0.112	0.0280					

Крім того, інтенсивність міняється й від дня тижня. Так, понеділок є день максимальних інтенсивностей уведення за тиждень, а середа - мінімальних. До кінця тижня інтенсивність вхідного потоку знову зростає. Якісна зміна середньої інтенсивності від дня тижня наведено на рис. 3. Інтенсивність також залежить і від дня в році. Наприкінці місяця, кварталу, року вона збільшується в порівнянні з іншими періодами.

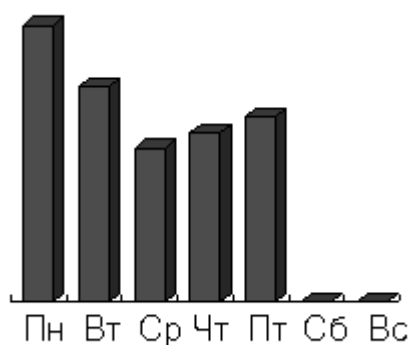


Рисунок 3 – Зміна інтенсивності вхідного потоку по днях тижня

Отже, інтенсивність вхідного потоку може мінятися в широких межах, залишаючись при цьому в тих же часових інтервалах, тобто ми маємо сімейства залежностей $l_{jr}(t)$, яких можна одержати шляхом деформації вихідного графіка по осі OY . Таким чином, множачи вихідну залежність $l_{jr}(t)$ на деякий коефіцієнт C ми будемо одержувати інші залежності інтенсивності надходження заявок від часу дня, тим самим

відбиваючи залежність від конкретного робочого місця, дня тижня й т.п. Даний прийом може бути застосований в імітаційній моделі.

Відзначимо один важливий факт, отриманий при аналізі експериментальних даних по вхідному потоці. Площа під кривою залежності інтенсивності надходження заявок від часу дня $l(t)$ можна розглядати роботу, що як привноситься. Так, якщо покласти роботу, що відповідає обробці однієї заявки, рівній одній одиниці роботи, то прихід n заявок означає збільшення обсягу робіт, що підлягають виконанню, на n одиниць роботи. Виходячи із цього припущення, площа під кривою $l(t)$, рівна середньому числу заявок, що надійшли, еквівалентна відповідному обсягу робіт. Позначимо площу під кривою як:

$$\int_0^{24} \lambda(u) du = J_0, \quad (7)$$

де J_0 - математичне очікування середнього числа заявок, що надійшли за робочий день.

Відзначимо, що в існуючій системі прийом заявок припиняється через 7 годин після початку роботи. Позначимо початок робочого дня через $T_0 = 8:30$, а час роботи через $T = 7$ ч. Безпосередні обчислення показують, що:

$$\int_{T_0}^{T_0+T} \lambda(u) du = 0,99 J_0. \quad (8)$$

Це означає, що до обслуговування в результаті припинення прийому заявок наприкінці робочого дня не буде прийнято в середньому тільки 1% заявок.

Наведені в даній статті результати є необхідним кроком в ухваленні рішення щодо складу й структури обчислювальних засобів при побудові корпоративної мережі банку. Без знання характеристик вхідного потоку заявок неможливе проведення в наступного повноцінного аналізу проектованої банківської системи.

Список літератури

1. Зинкин С. А. Методы составления и описания имитационных моделей вычислительных систем и устройств: Учебное пособие. - Пенза: Пенз. политехн. ин-т, 1988. - 85 с.
2. Ларионов А. М., Майоров С. А., Новиков Г. И. Вычислительные комплексы, системы и сети: Учебник для вузов. - Л.: Энергоатомиздат, 1987. - 288 с.
3. Зинкин С. А. Проектирование архитектуры децентрализованных вычислительных комплексов: Учебное пособие. - Пенза: Пенз. политехн. ин-т, 1985. - 69 с.
4. Хорошевский В. Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем. - М.: Радио и связь, 1987. - 256 с.
5. В. Н. Дубинин, С. А. Зинкин. Проектирование вычислительных систем и сетей на основе сетевых формализмов. В 2-х частях. Книга 1: Сетевые технологии проектирования и реализации распределенных вычислительных систем на программно-аппаратных платформах локальных и глобальных сетей Ethernet/Internet. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1998. - 322 с.

Стаття посвящена дослідженню параметрів входного потоку банківської автоматизованої системи управління з допомогою теорії масового обслуговування.

The article is devoted to research parameters an entrance stream of the bank automated control system with help the theory of mass service.