МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ

УДК: 378.937+378.14+351.78(045)

О. І. Чумаченко, канд. техн. наук,
В. В. Цілицький,
М. О. Білий

АНАЛІЗ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ, ЯК СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Національний технічний університет України «КПІ»

Порівняно систему пожежного спостереження із системою масового обслуговування. Наведено варіант розрахунку основних параметрів системи.

Ключові слова : інформаційна система, система масового обслуговування, програмне забезпечення.

Вступ. В Україні спостерігають високі темпи автоматизації основних галузей господарства і життєво необхідних соціальних інстанцій. Не винятком стала і пожежна галузь. У короткі терміни уряд упровадить єдину систему пожежного спостереження.

Натепер в Україні немає жодної системи, яка б працювала в національних масштабах і виконувала поставлені завдання: збір статистичних пожежних і техногенних повідомлень, ведення єдиної бази даних об'єктів, автоматизоване приймання тривожних сповіщень по різних каналах зв'язку і т. ін.

Оскільки аналогів не існує, то за основу вирішено взяти систему масового обслуговування (СМО). Першу реалізацію розподіленої інформаційної системи (РІС) виконано в м. Києві. Модель СМО виявилася ідеальною, тому вона буде використовуватись і для РІС національного масштабу.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є оцінювання інформаційної системи як СМО на основі аналізу графу системи та використання рівнянь Колмагорова.

Загальний огляд системи. Структуру системи пожежного спостереження показано на рис. 1. Очевидно, що і Програма для роботи з пультом пожежного спостерігання, і Система централізованого пожежного спостереження (СЦПС) регіонального головного управління Міністерства надзвичайних ситуацій (МНС) мають змогу приймати повідомлення з великої кількості джерел одночасно, а отже, мають певну чергу, в якій ці повідомлення очікують на оброблення. У цій схемі зазначено кілька видів автоматизованих робочих місць (АРМ), що однозначно вказує на те, що система має кілька каналів обслуговування. Якщо виконати найпростіше порівняння каналів обслуговування, то система виглядатиме так, як показано на рис. 2.

Спрощена модель СМО дозволяє визначити спосіб розбиття програмного комплексу на такі модулі:

– модуль приймання повідомлень у чергу та видачі відповідей; у програмному комплексі його називають драйвером;

– модуль, що являє собою чергу повідомлень та засоби оброблення повідомлень та механізми роботи з базою даних. У РІС його називають сервером;

– модуль оператора, який фактично і є каналом оброблення повідомлень.

Наведемо основні характеристики РІС пожежного спостереження:

– ця РІС є системою з обмеженою чергою. За вимогами ДСТУ-П CLC/TS 50136-4:2010, черга повідомлень має бути обмежена, а розмір черги залежить від кількості операторських місць (каналів оброблення). Також обмежений час на прийняття повідомлення на обробку;

– система багатоканальна. Вхідних каналів (модулів приймання повідомлень) передбачено чотири, а каналів оброблення (тобто операторських місць) – необмежена кількість;

– черга РІС – черга без відмов. Якщо повідомлення про тривогу потрапило у чергу, воно обов'язково буде оброблено;

– система розімкнута, оскільки повідомлення, що надійшли на пульт і були оброблені, не повертаються в систему.

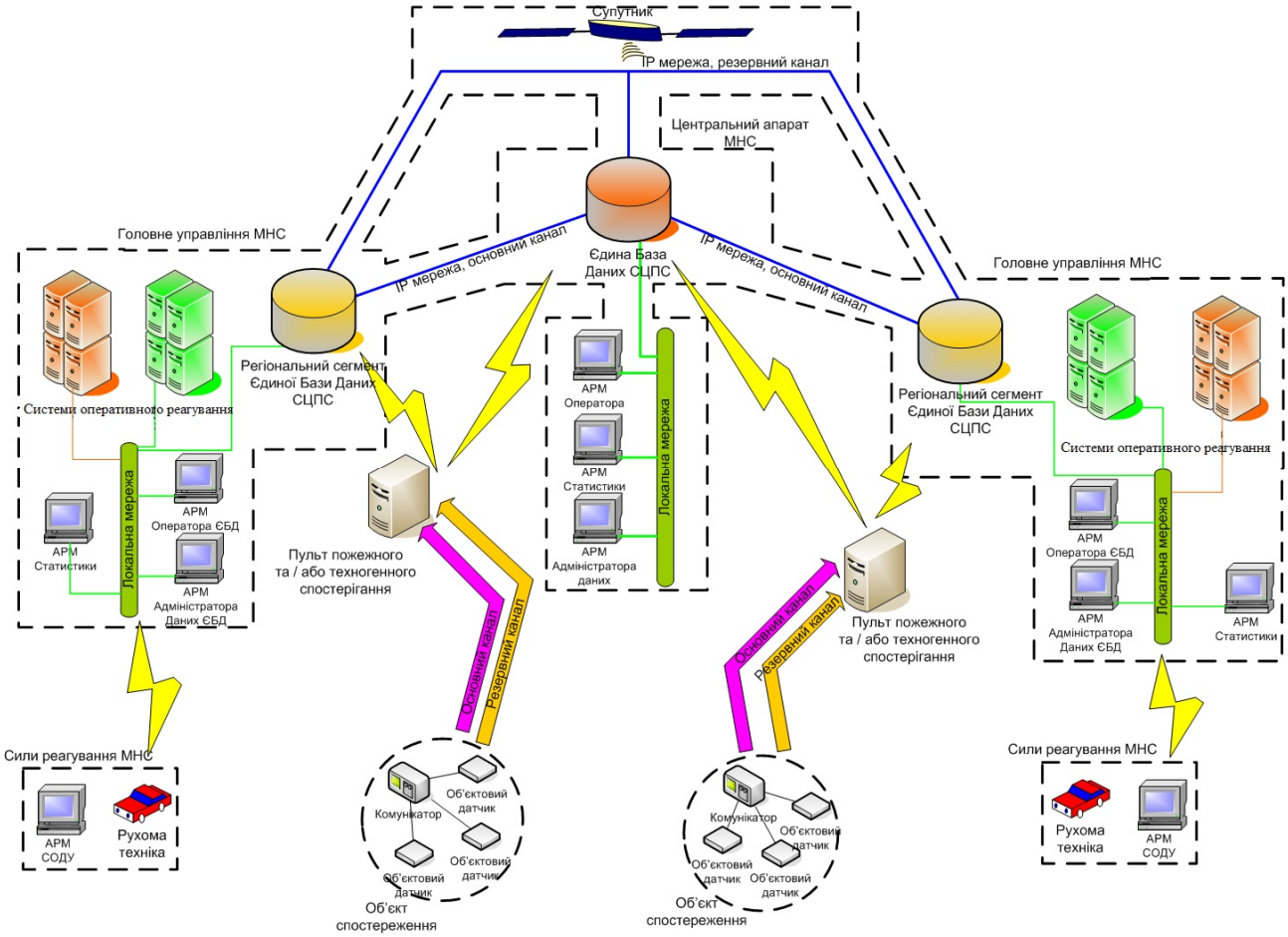


Рис. 1. Розподілена інформаційна система пожежного спостереження

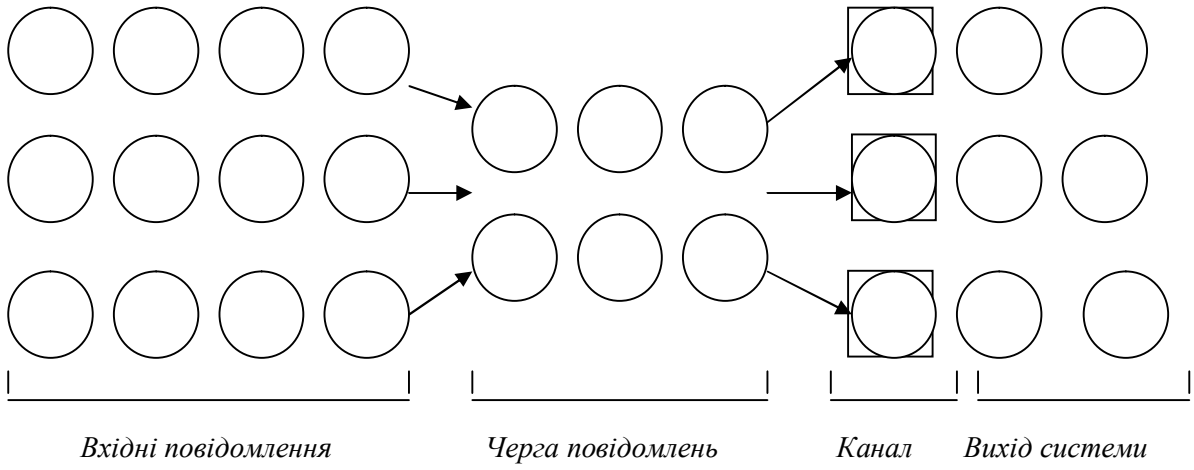


Рис. 2. Спрощена модель СМО

Дослідження системи централізованого пожежного спостереження на прикладі. Відомі інтенсивність λ = 4 (повідомлень за годину) надходження потоку повідомлень у систему та інтенсивність μ = 5 (повідомлень за годину) оброблення цих повідомлень. Кількість каналів обслуговування, тобто операторських місць, $N = 5$, а розмір черги $Q = N \cdot 5 = 25$. Визначимо ймовірність того, що в системі перебуває n повідомлень, середню кількість повідомлень, що містяться в системі, середній час очікування $T_{оч}$ та середню кількість вільних операторських місць (каналів обслуговування).

Через $P_0(t)$ позначимо ймовірність простою каналів обслуговування.

Можливі два стани системи:

– у системі n змінюється $0 \le n < N$;

– кількість повідомлень $n \ge N$.

У першому випадку всі повідомлення, які перебувають у системі, обробляються одночасно, і не всі канали обслуговування зайняті. Загальна інтенсивність обслуговування μ n.

Граф станів багатоканальної СМО показано на рис. 3.

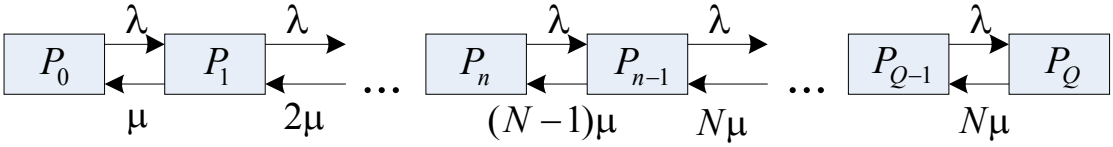


Рис. 3. Граф станів багатоканальної СМО

На підставі отриманого графу подамо рівняння Колмагорова:

якщо $n = 0$, то $\dfrac{dP_0(t)}{dt} = -P_0(t)\lambda + P_1(t)\mu;$

.....

якщо $1 \le n < N$, то $\dfrac{dP_n(t)}{dt} = P_{n-1}(t)\lambda - (\lambda + n\mu)P_n + P_{n+1}(n+1)\mu = 0;$

.....

якщо $n \ge N$, то $\dfrac{dP_n(t)}{dt} = P_{n-1}(t)\lambda - (\lambda + N\mu)P_n(t) + N\mu P_{n+1}(t) = 0.$

Спростимо рівняння Колмагорова, увівши обмеження.

λ = const, μ = const

$t \to \infty$, $P_n(t) \to \text{const};$

$\dfrac{dP_n(t)}{dt} = 0 \quad (n = 0,\ 1,\ ...).$

Тепер диференціальні рівняння перетворюємо в алгебричні:

якщо $n = 0$, то $-\lambda P_0 + \mu P = 0;$

.....

якщо $1 \le n < N$, то $\lambda P_{n-1} - (\lambda + n\mu)P_n + P_{n+1}(n+1)\mu = 0;$

.....

якщо $n \ge N$, то $\lambda P_{n+1} - (\lambda + N\mu)P_n + P_{n+1}N\mu = 0.$

Звідси знаходимо невідомі величини.

Імовірність перебування у системі *n* повідомлень визначаємо за формулою:

$$P_n' = \frac{\psi^n}{n!} P_0 \text{ для } n < N; \qquad P_n = \frac{\psi^{n-N}\psi^N}{N^{n-N}N!} P_0 = \frac{\psi}{N^{n-N}N} P_0 \text{ для } n \geq N, \quad \text{де } \psi = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Імовірність перебування трьох повідомлень у черзі $P_3' = \frac{0,8^3}{3!} P_0 = 0,085 P_0$.

Очевидно, що така ймовірність дуже низька.

Середня кількість повідомлень, що перебувають у черзі:

$$N_{\text{черг}} = \frac{\psi^N}{N!N(1-\psi/N)^2} P_0;$$

$$N_{\text{черг}} = \frac{0,8^5}{5!\cdot 5\cdot(1-0,8/5)^2} P_0 = \frac{0,32768}{720\cdot 0,7056} P_0 = 6,45\cdot 10^{-4} P_0..$$

Отримане значення дозволяє стверджувати, що повідомлення в черзі не затримуються, вони відразу приймаються оператором і починають оброблятись.

Середній час очікування повідомлень у черзі становить:

$$T_{\text{черг}} = \frac{N_{\text{черг}}}{\lambda};$$

$$T_{\text{черг}} = \frac{6,45\cdot 10^{-4} P_0}{4} = 1,612\cdot 10^{-4} P_0.$$

Середня кількість зайнятих каналів:

$$N_{\text{ск}} = \sum_{n=0}^{N-1} (N-n) \frac{\psi^n}{n!} P_0;$$

$$N_{\text{ск}} = \left(\frac{5\cdot 0,8^0}{0!} + \frac{4\cdot 0,8^1}{1!} + \frac{3\cdot 0,8^2}{2!} + \frac{2\cdot 0,8^3}{3!} + \frac{0,8^4}{4!} \right) P_0 = (5 + 3,2 + 0,64 + 0,085 + 0,017) P_0 = 8,942 P_0.$$

Висновки. Отримані числові значення дозволяють стверджувати, що інформаційна система пожежного спостереження дає змогу миттєво обробляти дані, що надзвичайно важливо для цієї сфери. Отже, архітектуру програмно-апаратного комплексу на основі СМО вибрано правильно. Також правильний вибір типу моделі – багатоканальна з точки зору і вхідних каналів, і каналів оброблення.

Список літератури

Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель: изд. 2-е, стереот. – М.: Наука, 1988. – 344 с.

Е. И. Чумаченко, В. В. Цилицкий, Н. А. Белый

Анализ распределенной информационной системы пожарного наблюдения, как системы массового обслуживания

Проведено сравнение системы пожарного наблюдения и системой массового обслуживания. Приведен вариант расчета основных параметров системы.

H. I. Chumachenko, V. V. Tsilytskyi, N. A. Bilyi

Analysis of distributed information system monitoring the fire as a queuing system

The fire monitoring system of mass service and querieng system were compared. Main system parameters were calculattd.