

УДК 004.052.2

Юрій Кафтан, Максим Павлов

МТУ «Миколаївська політехніка», Україна

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ КЛАСТЕРНИХ СЕРВЕРНИХ СИСТЕМ

Yuriy Kaftan, Maksim Pavlov

EVALUATION OF RELIABILITY OF CLUSTER SERVER SYSTEMS

У сучасних комп'ютерних системах для досягнення високої надійності та відмовостійкості серверних систем широко використовуються кластерні архітектури. Комунікаційна підсистема кластерних та мережевих систем, як правило, будується за ієрархічним принципом і передбачає виділення рівнів доступу, розподілу і ядра.

При значному числі серверів їх підключення може проводитися через багаторівневу комунікаційну підсистему деревовидної топології (рис.1 а). Для підвищення надійності системи комутаційні вузли верхнього і нижнього рівнів (КВВР та КВНР) та їх зв'язки резервуються (рис.1 б).

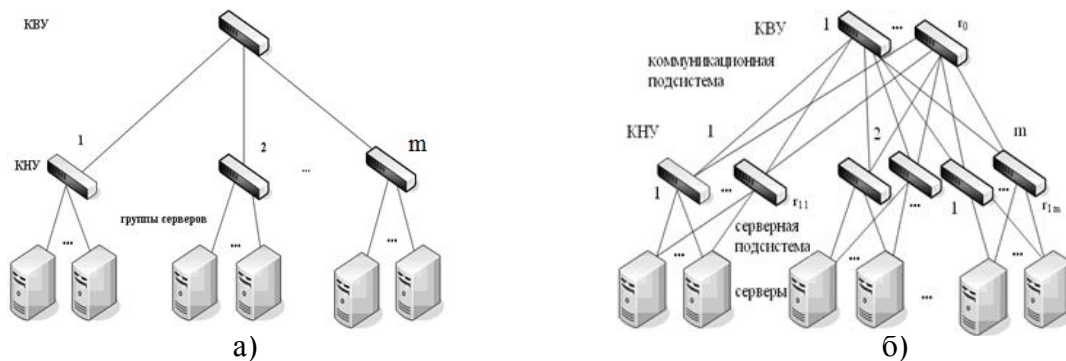


Рисунок 1. Підключення серверів без резервування (а) і з резервуванням (б) комунікаційних вузлів

Деревоподібна топологія підключення серверів до рівня ядра припускає розподіл усієї сукупності серверів на кластерні групи. Надійність і ефективність кластерних систем залежить не тільки від кратності резервування серверних і комунікаційних вузлів, але і від варіантів об'єднання функціонально неоднорідних серверів в кластерні групи.

При наявності n типів серверів за функціональним призначенням можливі альтернативи відтворювання кластерних груп, у тому числі з об'єднанням в групи:

- однотипних за функціональним призначенням серверів;
- орізнотипних за функціональним призначенням серверів всіх n типів (повнофункціональні кластерні групи серверів);
- різнотипних по функціональності серверів при їх неповнофункціональному наборі в кожній кластерній групі, причому можливі варіанти з функціональним неперетинанням і перетинанням різних кластерних груп.

Вибір найкращих варіантів об'єднання серверів по кластерним групам повинен проводитися з урахуванням мінімізації часу обслуговування запитів, максимізації надійності і згладжування негативного впливу відмов серверного і комунікаційного устаткування на зниження функціональності системи і збільшення часу виконання запитів. Таким чином, для вирішення завдання оптимальної (раціональної) побудови серверної системи потрібна оцінка її надійності при різних варіантах об'єднання різнорідних по функціональності серверів в кластерні групи.

Кожну кластерну групу (рис.1), що включає комутаційний вузол нижнього рівня і підключені до нього різнотипні за функціональним призначенням сервери, будемо розглядати як багатофункціональний модуль (БФМ), для якого $(\forall i)(\forall j)[(i \neq j) \rightarrow \Phi_i \cap \Phi_j = \Omega]$, де $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ ресурси модуля, задіяні при виконанні функцій f_1, f_2, \dots, f_n , а Ω - базове устаткування - загальне при виконанні всіх функцій.

Таке уявлення кластерної групи правомірно, якщо до базового обладнання Ω БФМ віднести КВНР, а до обладнання $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ сервери різної функціональності (призначення).

Подання кожної кластерної групи у вигляді багатофункціонального модуля дає можливість скористатися для аналізу надійності досліджуваних кластерних систем існуючими методами оцінки надійності систем з багатофункціональних модулів.

При адаптації для оцінки надійності кластерних систем задамо можливі варіанти комплектування (типів) кластерних груп за функціональним призначенням, в які входять сервери, що характеризуються матрицею $\|a_{ij}\|$, елемент якої $a_{ij} = 1$, якщо група j -го типу комплектації містить сервер, який реалізує i -ю функцію, інакше $a_{ij} = 0, j = 1, 2, \dots, M$. Матриця $\|\phi_{ij}\|_{n \times m}$, що характеризує функціональні можливості серверних груп системи, формується з матриці $\|a_{ij}\|$ з урахуванням числа (кратності резервування) груп кожного типу функціональної комплектації m_1, m_2, \dots, m_M .

Результати розрахунку надійності розглянутих кластерних систем при $p_i = p_{КВНР}$ і $p_i = p_{КВНР}^2$ представлені на рис.2. На рис. 2а криві 1-3 відповідають надійності систем, комплектація серверних груп яких представлена матрицями S1, S2, S3. На рис. 2б криві 1,2 представляють надійності систем, відповідних матрицям S1, S4, а крива 3 - різницю надійності для цих двох порівнюваних систем.

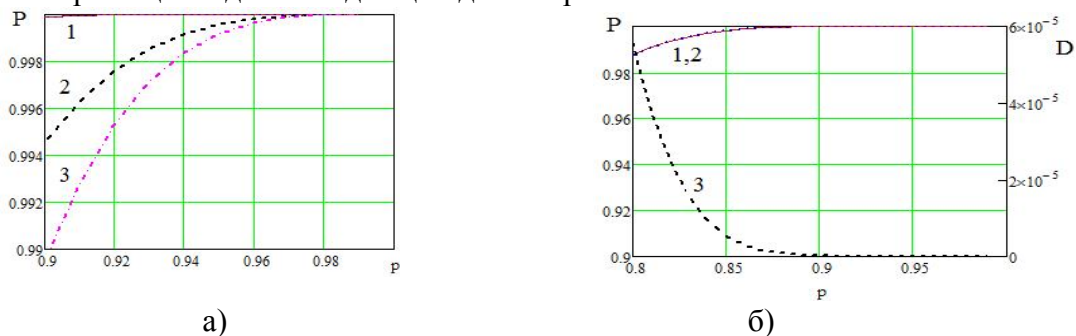


Рисунок 2. Надійність системи з різною комплектацією серверних груп

Розрахунки підтверджують, що надійність досліджуваних систем залежить не тільки від надійності і кратності резервування серверів, але і від варіантів їх об'єднання в серверні групи.

На основі проведених досліджень рекомендується комплектація кластерних груп серверами різного функціонального призначення, для якої різниця порядкових сум матриці $\|\phi_{ij}\|$ мінімальна. При виконанні цієї рекомендації кращим є такий розподіл серверів за групами, при якому число комбінацій розташування одиниць у рядках з їх найменшим числом є мінімальним.

Таким чином, на основі адаптації моделі надійності обчислювальних систем з багатофункціональних модулів розроблено метод оцінки надійності комп'ютерних систем кластерної архітектури, що дозволяє для довільних варіантів об'єднання серверів різного функціонального призначення в кластерні групи врахувати вплив накопичуваних відмов серверного обладнання та багаторівневої комутаційної підсистеми на доступність функціональних ресурсів різних серверних груп.

Отримані результати можуть використовуватися при розробці комп'ютерних систем кластерної архітектури, зокрема при визначенні оптимальних по надійності варіантів об'єднання серверів різного функціонального призначення в кластерні групи.