

д.т.н., професор Гроль В.В., студент Лукаш Ю.В.

Національний технічний університету України
«Київський політехнічний інститут»

СТРУКТУРНИЙ МЕТОД ГЕНЕРАЦІЇ РІВНОВАЖНИХ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ВЕКТОРІВ

Abstract

Vladimir V. Grol, Prof., DSc.; Iurii Lukash, student

The structure method of generation pseudo random vectors with the same weight

The paper presents description new hardware generator pseudo random vectors with the same weight that based on switching two bits with different values. Characteristics of pseudo random vectors generators were analyzed. Result of this analysis showed advantages using of proposed generator in comparison with known for effective modeling fault-tolerant multiprocessor systems.

Вступ

В рамках проектування відмовостійких багатопроцесорних систем (ВБС) було запропоновано використовувати моделювання таких системи на базі графо-логічного опису [1], в якому процесори та зв'язки між ними представляються вершинами та ребрами графу. В процесі тестування на таку модель подаються двійкові вектори, біти яких відповідають станам процесорів. Для імітації потоку відмов заданої кількості процесорів у системі необхідно генерувати вектори, в яких одиничне значення i -го біту відповідає відмові i -го процесору системи ($i = \overline{1, N}$). З метою підвищення продуктивності процедури моделювання таких систем виникла потреба у використанні апаратних генераторів псевдовипадкових рівноважних векторів, вага яких відповідає кратності відмови.

Проблема синтезу апаратних генераторів псевдовипадкових чисел досить добре досліджена. Існує ціла низка різних функцій та алгоритмів, застосування яких дозволяє згенерувати послідовності псевдовипадкових чисел без повторення і з рівномірним розподілом [2].

Разом з тим, якщо до згенерованих векторів висувається вимога рівноважності, то задача значно ускладнюється. Накладання такої умови часто робить недоцільним використання відомих алгоритмів генерації. Тому синтез апаратних генераторів псевдовипадкових рівноважних векторів з покращеними функціональними можливостями є актуальною задачею.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка нового генератора псевдовипадкових рівноважних векторів та порівняння його статистичних характеристик з відомими технічними рішеннями.

Зокрема, для порівняння використовується відомий генератор [3] на N розрядів ($A(N)$ -генератор) розроблений на основі класичного генератора [1] такої ж розрядності ($S(N)$ -генератор), до якого додано комбінаційну схему. Комбінаційна схема працює за наступним алгоритмом: генератор $S(N)$ має на виході вектор розрядності N з кількістю одиничних бітів від 0 до N . Згідно цього значення з результуючого вектора генератора $A(N)$ обираються біти, що відповідають одиничним бітам вектора сформованого генератором $S(N)$, і лише з цими бітами виконується циклічний зсув. Як наслідок, генератор не змінює вагу вихідного вектора, а змінює лише розташування одиничних бітів.

Задача полягає у розробці нового генератора та дослідженні його характеристик, за якими він є кращим, ніж раніше відомий генератор. Визначити область найбільш ефективного застосування запропонованого генератора.

Генератор псевдовипадкових рівноважних векторів з інвертуванням двох бітів

Генератор, що пропонується ($B(N)$ - генератор), також базується на використанні класичного генератора псевдовипадкових послідовностей, але меншої розрядності $S(M)$, де $M = \lceil \log_2 N \rceil$. $B(N)$ – генератор також має вихідний вектор розрядності N . $S(M)$ -генератор формує двійковий набір $l \in \{0..N-1\}$. На базі набору обирається біт під довільним номером l у вихідному регістрі. Комбінаційна схема дозволяє знайти найближчий біт з протилежним значенням та інвертувати значення обох бітів з метою

забезпечення збереження ваги вектора. Таким чином на кожному такті генерації два біти з протилежними станами змінюють своє значення.

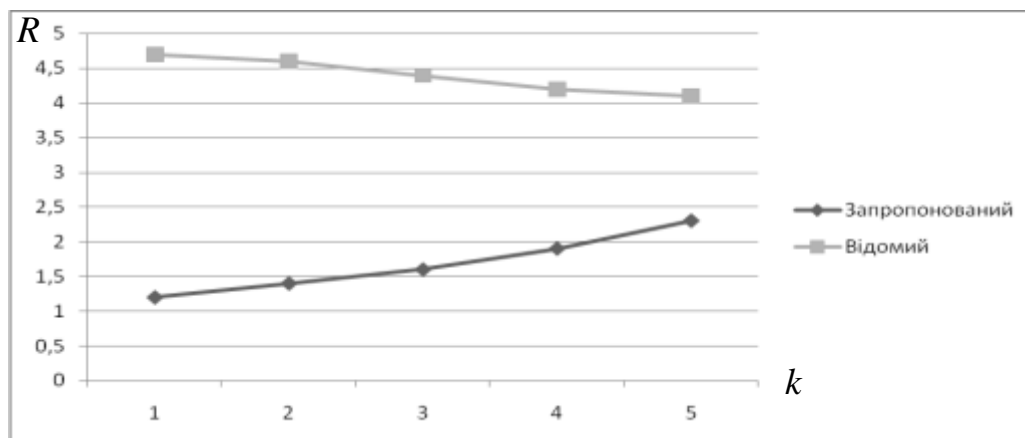
Порівняння статистичних характеристик

Для порівняння характеристик відомого та запропонованого генераторів було проведено комп'ютерне моделювання роботи вищезгаданих генераторів. На основі аналізу результатів цього моделювання можна зробити наступні висновки. Як запропоноване, так і відоме технічне рішення формують послідовності, що можуть бути описані рівномірним законом розподілу.

Іншим параметром, що є важливим для оцінки характеристик псевдовипадкових генераторів є кількість тактів за які буде сформовано усі можливі вектори для обраної розрядності. Зокрема, ця характеристика може виявитися суттєвою при застосуванні таких генераторів для підвищення ефективності процедур моделювання ВБС.

Для моделювання було обрано розрядність вихідного вектора 64 біти. Відповідно кількість різних векторів дорівнює C_{32}^k , де k – вага вектору. Моделювання проводилося для ваги вектора від 1 до 5. По-перше, саме такі набори більш цікаві в межах задач моделювання ВБС, а по-друге, перебір усіх наборів для ваги, більшої за п'ять, займає досить значний час.

Нижче на рисунку зображена залежність $R(k)$, де k – вага вихідного вектора, $R = \frac{T}{C_{32}^k}$, де T – кількість тактів, за яку було перебрано усі можливі вектори, C_{32}^k - кількість різних векторів для даної ваги.



Характер залежності $R(k)$ показує, що при малих значеннях k запропонований генератор має досить малу кодову надлишковість, в той час як раніше відоме рішення потребує значної кількості тактів для перебору всіх варіантів. Можна припустити, що на вазі приблизно $k=11..21$ кількість тактів для перебору всіх можливих наборів стане кращою для відомого генератора. Значення, за якого дана характеристика стає приблизно однаковою для формувачів що розглядаються, в майбутньому планується визначити аналітично.

Виходячи з того, що для задачі підвищення ефективності процедур моделювання ВБС, необхідно генерувати саме вектори з відносно невеликою вагою [1], можна зробити висновок, що генератор з перестановкою двох бітів краще підходить для даної задачі, ніж відомий за параметром, що розглянутий вище.

Результати

Описано генератор псевдовипадкових рівноважних векторів з перестановкою двох бітів. Проведено комп'ютерне моделювання запропонованого та відомого генераторів. На основі отриманих експериментально статистичних даних зроблено висновки про рівномірний розподіл для розглянутих генераторів. Крім цього виявлено, що формувачі суттєво відрізняються за кількістю необхідних тактів для перебору усіх можливих двійкових наборів. Для задачі підвищення ефективності процедури моделювання ВБС доцільно застосовувати генератор з перестановкою двох бітів, що був запропонований у роботі.

Література

1. *Романкевич А.М.* Графо-логические модели для анализа сложных отказоустойчивых вычислительных систем / А.М. Романкевич, Л.Ф. Карачун, В.А. Романкевич // Электронное моделирование. - 2001.-т.23, №1.- с.102-111.
2. *Гилл А.* Линейные последовательностные машины, Москва: Наука, 1974.
3. *Гроль В.В., Хедиатоллах Бахтари, Фаллаги Али.* Структурный метод формирования последовательностей двоичных ПС(n,k) – векторов при моделировании ОМС. – Теор. Проблемы информатики и ее приложения. Сб. Науч. Тр./ Под ред. Проф. А.А.Сытника. – Изд-во Саратовского университета, 2007, Вып.7, с 36-43