

ВІДГУК

офіційного опонента ОПАНАСЕНКА Володимира Миколайовича на дисертацію СТАНКО Петра Олександровича "Методи оптимізації дисципліни обслуговування в операційних системах реального часу", представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність теми дисертації

Наша держава знаходиться на унікальному етапі розвитку, коли є шанс зробити так званій «цифровий стрибок» в ключових сферах економіки, тобто, швидко перейти на новий щабель розвитку в цих сферах, минаючи проміжні стадії і почавши використання відразу сучасних підходів та систем, минаючи кілька поколінь технологій. Цифрова економіка не обмежується бізнесом електронного документообігу, торгівлі і сервісів, а торкається кожного аспекту життя: охорони здоров'я, освіти, комфортного побуту роботи, відпочинку тощо.

У першу чергу переваги цифрової економіки проявляються у промисловому та сільськогосподарському виробництві. Цифрова економіка дає шанс швидко підняти виробництво на принципово новий рівень, значно підвищити продуктивність праці та якість продукції, що випускається. Але, поряд з якісно новими можливостями, у цифровій економіці виникають і нові виклики. Перш за все, це найвищі вимоги до швидкодії усіх систем забезпечення цифрового виробництва аж до потреби роботи у реальному часі, причому ніякі компроміси неприпустимі. У цьому сенсі системи цифрового виробництва представляють собою системи критичного застосування. Відповідно і апаратно-програмні комп'ютерні мережні системи повинні працювати у режимі жорсткого реального часу. Для забезпечення такого режиму роботи ключового елемента комп'ютерної мережі, яким є мережна операційна система, необхідна розробка більш досконалих методів звернень до пам'яті, опитування елементів розподілених операційних систем та поточного формування каналів обміну даними.

Враховуючи наведені міркування, можна стверджувати, що тема дисертаційної роботи Станко Петра Олександровича, присвяченої вдосконаленню розподілених операційних систем реального часу та розробці методів підвищення якості їх роботи за умов неминучих збоїв, спроб зовнішніх втручань, завад та аномалій тощо, є актуальною науково-технічною задачею.

Структура дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету дисертаційної роботи та задачі, що вирішуються. Зазначено практичну цінність, наукову

новизну, показано зв'язок роботи з науковими темами, планами програмами, наведено відомості про апробацію результатів та їх впровадження. Сформульовані наукові положення, які виносяться на захист.

У **першому розділі** наведено огляд предметної області досліджень – методів тестування характеристик та атрибутів якості виробничого програмного забезпечення, зокрема, операційних систем реального часу (ОС РЧ), аналізу ключових показників їх ефективності та методів підвищення якості та надійності. Висвітлені особливості архітектурної побудови ОС РЧ, принципові відмінності атрибутів якості ОС РЧ від атрибутів якості операційних систем загального призначення. Детально досліджено толерантність ОС РЧ до затримок звернень до пам'яті – ключову характеристику, притаманну операційним системам виробничого програмного забезпечення. Показано, що для моніторингу та управління рівнем безпеки в мережі з випадковими змінами параметрів та стану, забезпечення загального рівня наскрізної якості сервісу можна застосовувати статистичні методи, зокрема, методи кореляційно-регресійного аналізу.

Проаналізований загальний стан проблеми управління якістю сервісу ОС РЧ та забезпечення прийнятних часових характеристик. За результатами огляду та аналізу сформульовані завдання дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** побудовано узагальнену модель та методи моніторингу програмного забезпечення, розглянуто 6 аспектів якості: функціональність, надійність, практичність, ефективність, здатність до супроводження та перенесення за стандартом ISO 9126. Проведений ретельний порівняльний аналіз методів моніторингу ОС загального призначення та ОС РЧ для виробничого програмного забезпечення, досліджені їх достоїнства та недоліки, обмеження кожного методу. На підґрунті результатів аналізу зроблено висновок про необхідність використання комплексу спеціально підібраних тестів та модифіковано політику безпеки операційних систем реального часу як слабкої ланки виробничого програмного забезпечення.

Досліджений комплекс можливих видів статичних та динамічних алгоритмів планування в ОС РЧ, причини зниження якості програмного забезпечення та шляхи його подолання. Показано, що висока надійність мережі та швидкість передавання даних забезпечуються завдяки толерантності до затримок. Ця задача є не тривіальною внаслідок її неоднозначності та суперечливості критеріїв оптимальності, але її принципово можна розв'язати методами багатокритеріальної оптимізації, наприклад, нелінійної згортки критеріїв. Як показали результати дисертаційних досліджень, у мережах з ієрархічною інфраструктурою нелінійну згортку критеріїв у деяких випадках можна звести до лінійної згортки – різновиду методу аналізу ієрархій Сааті.

Третій розділ присвячений статистико-лексичному підходу до виміру характеристик виробничого програмного забезпечення (ВПЗ) – розробці модифікованих метрик Холстеда. Запропоновано статистичні оцінки елементів ВПЗ, на основі яких можна отримати статистико-лексичні метрики. Поставлено

та розв'язано завдання управління надійністю та захищеністю ОС, яке полягає в комплексі апаратно-програмних заходів, таких як створення монолітної структури ядра ОС (в тому числі ОС РЧ), використання концепції віртуальної машини, мультисервісного підходу та використання спеціальних мов програмування, адаптованих до виробничого програмного забезпечення. Зроблено обґрунтований висновок, що переваги даного підходу можуть проявитися тільки при застосуванні усього комплексу вивчених заходів.

Досліджено найбільш небезпечні мережні аномалії, які впливають на роботу мережного ПЗ, зокрема, ОС РЧ. Проведено класифікацію мережних аномалій виробничого ПЗ, систематизовано параметри коректного та аномального мережного трафіку. Тут також використаний статистичний підхід: до показників ПЗ віднесені імовірності похибок першого и другого роду та моменти розподілу, зокрема, математичні сподівання й дисперсії елементів мережного трафіку. Це середнє число вхідних та вихідних IP- та TCP-пакетів в одиницю часу; число вхідних та вихідних пакетів ОС РЧ в одиницю часу; середній розмір, час відправлення та час отримання пакетів; середня довжина сеансів зв'язку в мережі тощо.

У четвертому розділі на підґрунті результатів досліджень статистичних оцінок ключових показників ефективності ПЗ розроблений метод аналізу впливу мережних аномалій на надійність та захищеність ОС. Враховуючи відсутність гарантій стаціонарності ключових показників ефективності на інтервалі спостереження автором застосовано різновид методу множинної регресії – покрокова множинна регресія.

Статистичні метрики випадкової послідовності інструкцій ОС виражені через диференціальну ентропію статистичного розподілу. Оскільки статистика інструкцій ОС апріорі невідома, до того ж в процесі роботи вона може змінюватися у широких межах, автором уповні логічно обрано якості найменш переважного розподілу взято гаусовський розподіл як такий, що має максимальну ентропію серед усіх статистичних розподілів на інтервалі існування випадкової величини.

У даному розділі розроблені найбільш значимі наукові результати дисертаційної роботи:

- рекурентний метод виявлення аномалій, з використанням якого апостеріорні ймовірності переходу системи на поточному кроці із одного стану до іншого служать у якості апріорних на наступному кроці аналізу;
- метод динамічного опитування елементів операційної системи з різною глибиною переривань;
- метод та алгоритм частотно-монотонного аналізу з призначенням пріоритетів як монотонної функції темпу надходження заявок на виконання команд процесором;
- метод оптимізації дисципліни обслуговування по критерію мінімуму зваженої суми часів очікування; обраний критерій є основоположним для забезпечення роботи у режимі жорсткого реального часу.

У **висновках** до роботи наведені основні наукові та практичні результати, порівняння з існуючими методами, рекомендації по подальшому застосуванню теоретичних доробок.

Ступінь обґрунтованості наукових положень. Результати дисертації наведено у вигляді математичних моделей, алгоритмів, структурних та принципів схем. Показано місце різних методів аналізу та моніторингу при організації систем. Для підтвердження теоретичних результатів наведені приклади розрахунків типових показників якості, порівняльної ефективності розроблених методів та пристроїв. Дані аргументовані порівняльні оцінки запропонованих автором нових рішень відносно результатів інших авторів, одержаних раніше.

Достовірність та новизна

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, отриманих у дисертації, на наш погляд, обумовлена такими міркуваннями:

- математичний апарат, що використаний у дисертаційних дослідженнях, застосований на достатньому для інженерних задач рівні строгості та коректності;
- нові наукові результати узагальнюючого характеру, які отримані в дисертації, при відповідних спрощеннях та припущеннях можуть бути зведені до добре відомих, багатократно перевірених теоретично та експериментально часткових результатів, одержаних раніше іншими авторами;
- математичні моделі та одержані наукові результати співпадають з нашими інтуїтивними уявленнями про реальні фізичні процеси, які протікають в системах, що досліджувалися.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій виходить із того, що в роботі:

- вперше розроблено метод виявлення аномалій у роботі операційної системи реального часу з урахуванням раніше накопичених даних як апріорних відомостей у задачі перевірки статистичних гіпотез, що дозволяє із прийнятними похибками першого та другого роду виявляти нові аномальні явища у роботі ОС РЧ;

- вдосконалено метод оптимізації дисципліни опитування ОС РЧ та розподілу даних через зашумлені мережі з великим розкидом пропускових спроможностей. При застосуванні методу на 7% – 10% знижуються відносні втрати запитів на переривання та, відповідно, часові витрати;

- отримав подальший розвиток метод порівняльного оцінювання ключових параметрів ПЗ із урахуванням стійкості ПЗ до збоїв та затримок у роботі, завдяки чому можна уточнити вимоги до порівняльних характеристик ПЗ та їх відносної важливості.

Практична цінність роботи

Завдяки розробленим в дисертаційній роботі математичним моделям та методам можна спростити методики визначення ресурсів, з достовірністю, уповні прийнятною для практичних застосувань. Розроблені швидкі та економічні алгоритми і програми оцінювання, з використанням яких на підставі заздалегідь відомих та експериментальних даних можна мінімізувати часові затримки, собівартість, габарити та потужність устаткування. Знайдено оцінки апаратурної складності та швидкодії розроблених програмних модулів.

Практичну цінність запропонованих рішень також підтверджує впровадження результатів дисертаційної роботи.

Отримані результати можуть бути використані для побудови методів тестування та оптимізації виробничого ПЗ у різних інформаційно-обчислювальних системах критичного застосування.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертації досить повно викладені в друкованих працях у фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, переліків атестаційного органу України, та в матеріалах наукових конференцій. Результати роботи досить детально доповідались та обговорювались на конференціях та семінарах. Основні результати дисертації опубліковано у 8 наукових працях, серед яких: 4 статті – у наукових фахових виданнях України, 4 – в матеріалах науково-технічних конференцій.

Мова і стиль дисертації та автореферату в цілому задовільні і відповідають вимогам стандартів оформлення науково-дослідних робіт. Зміст автореферату відповідає змістові дисертації та об'єктивно відображає основні результати роботи.

Використання чужих наукових результатів без посилань на авторів у дисертації не виявлено.

Обсяг і структура дисертації відповідають вимогам та рекомендаціям атестаційного органу України.

Загальна характеристика роботи

Перед тим, як давати загальну оцінку дисертаційній роботі, зупинимось на деяких недоліках. Особливу увагу хотілося б приділити методам статистичного аналізу вихідних даних як ядру розробленої інформаційної технології.

1. При розробці методів лексико-статистичного аналізу характеристик та атрибутів програмного забезпечення використані статистичні оцінки елементів метрики Холстеда, однак міркування стосовно інтервалів стаціонарності та відповідної зміщеності оцінок не наведені.

2. Автором цілком слушно запропоновано використовувати метод покрокової множинної регресії для аналізу та прогнозу ключових параметрів ефективності. Природно, при цьому системи рівнянь регресії стають параметричними. Хотілося б мати уточнення функцій часових змін коефіцієнтів рівнянь регресії.

3. При використанні диференційно-ентропійної функції втрат обрано Гаусівський розподіл як нагменш переважний. Наскільки відрізнятимуться реальні втрати для конкретних розподілів і чи можливо розв'язати цю задачу в принципі, неясно.

4. При розробці методу динамічного опитування операційної системи з різною глибиною переривань захисні інтервали на перериваннях різної глибини можуть змінюватися у широких межах. Як це може вплинути на часові характеристики системи реального часу, у дисертації не розглянуто.

5. У роботі робиться посилення на можливість переривань процесів з абсолютними або відносними пріоритетами. Це справедливо лише для переривань з одиничною глибиною. Хотілося б отримати пояснення по даному питанню.

6. У дисертації зустрічаються (правда, у доволі незначній кількості) помилки, описки, відхилення від стилю, прийнятого у наукових роботах.

Треба відмітити, що наведені зауваження та недоліки не є принциповими і не впливають на кінцеві результати дисертаційної роботи. Більшість з них обумовлена беззаперечною новизною задачі, що розглядається, необхідністю розробки нових підходів, проведення великого обсягу міждисциплінарних досліджень та розгляду широкого кола питань, не всі з яких досить тісно пов'язані одне з одним.

Дисертація представляє собою одноособово написану завершену кваліфікаційну наукову працю, яка містить нові наукові результати, має внутрішню єдність та логіку, свідчить про особистий внесок автора у науку. Автор роботи глибоко вник в суть задачі, що вирішується, виявив добру обізнаність з предметом дослідження, коректно та за потрібним призначенням застосував математичний апарат. Одержані наукові результати, особливо наведені результати комп'ютерних обчислень, приклади практичних розрахунків та досліджених пристроїв, лишають дуже добре враження від дисертаційної роботи.

Висновки

За результатами розглядання дисертаційної роботи можна зробити такі висновки.

Дисертаційна робота в цілому є самостійно виконаним завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Вона містить нове рішення задачі усунення затримок операційних систем реального часу із доступом до спільного ресурсу шляхом динамічного планування звернень до пам'яті, при

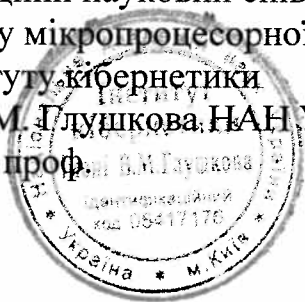
якому на відміну від відомих методів організації доступу до розподілених елементів пам'яті, вибирається оптимальна дисципліна обслуговування з пріоритетами на етапі визначення необхідного набору даних.

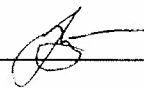
Дисертація відповідає спеціальності 05.13.05 – Комп'ютерні системи та компоненти. Основні наукові положення дисертації досить повно та об'єктивно викладені в авторефераті та публікаціях.

За своїм змістом та науковим рівнем дисертаційна робота задовольняє вимогам до робіт, що висуваються на здобуття наукового ступеня кандидата наук (згідно Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння наукового звання старшого наукового співробітника від 27.07.2016 року, постанова КМ № 567, пункти 9, 11), а автор – Станко Петро Олександрович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

Провідний науковий співробітник
відділу мікропроцесорної техніки
Інституту кібернетики
ім. В.М. Глушкова НАН України,
д.т.н., проф.





Опанасенко В.М.