

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-43-35>

УДК 004.94

Озерчук Ігор Михайлович, провідний науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0001-7011-0772>

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, м. Київ

ФОРМУВАННЯ СТІЙКОГО КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

Озерчук І. М. Формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет. Проведено дослідження принципів формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет. Розкрито моделі, методи та алгоритми реалізації передачі даних у мережі Інтернет. Описано принципи формування мережі передачі даних. Підкреслено, що таким параметром, як швидкість передачі пакетів даних у мережі Інтернет контролюється потоком даних і одночасно – непрямыми вимірами. Зазначено, що особливий проблематики набуває розподіл потоків даних найкоротшими шляхами для здійснення швидкої і якісної передачі масивів даних. Наголошено, що способи передачі даних у мережі Інтернет, які вимагають мінімального часу, або способи з мінімальними перешкодами належать до такого роду проблем, на основі цього, зауважено, що оптимізація тракту повинна здійснюватися за будь-якими технічними та економічними критеріями, а обрані шляхи повинні гарантувати ефективне використання ліній та вершин зв'язку. Обґрунтована необхідність створення та розвитку нових моделей комп'ютерних мереж у зв'язку з появою глобальних мереж, зростанням інформації, що підлягає передачі, її об'ємами та необхідністю підтримки якісної комп'ютерної безпеки. Описано реалізацію методу Дейкстри, Джонсона та Джексона. Математично обґрунтовано кожен з алгоритмів та сформовано низку переваг та недоліків описаних алгоритмів у процесі передачі даних у мережі Інтернет з урахуванням умов передачі, кількості інформації, що передається та каналів, як застосовано для передачі. Наголошено, що застосування розглянутих алгоритмів передачі даних дозволить оптимізувати процес передачі та обробки даних у комп'ютерних мережах, в свою чергу, оптимізована передача та обробка даних значно скоротить час роботи, а також витрати на розробку та підтримку програмних продуктів, зменшення витрат на вдосконалення серверного програмного забезпечення можливо за рахунок інтеграції інформаційних ресурсів у центр обробки даних, за умови здійснення інтеграції, значно знизяться витрати на послуги та передачу даних у мережі Інтернет.

Ключові слова: канал передачі даних, мережа, Інтернет, формування, стійкість, вплив, пакет, безпека, швидкість.

Озерчук И. М. Формирование устойчивого канала передачи данных в сети Интернет. Проведено исследование принципов формирования устойчивого канала передачи данных в сети Интернет. Раскрыты модели, методы и алгоритмы реализации передачи данных в сети Интернет. Описаны принципы формирования сети передачи данных. Подчеркнуто, что такой параметр, как скорость передачи пакетов данных в сети Интернет контролируется потоком данных и одновременно - косвенными измерениями. Отмечено, что особой проблематики приобретает распределение потоков данных кратчайшими путями для осуществления быстрой и качественной передачи массивов данных. Отмечено, что способы передачи данных в сети Интернет, которые требуют минимального времени, или способы с минимальными препятствиями относятся к такого рода проблем, на основе этого, замечено, что оптимизация тракта должна осуществляться по любым техническим и экономическим критериям, а избранные пути должны гарантировать эффективное использование линий и вершин связи. Обоснована необходимость создания и развития новых моделей компьютерных сетей в связи с появлением глобальных сетей, ростом информации, подлежащей передаче, ее объемами и необходимостью поддержания качественной компьютерной безопасности. Описаны реализацию метода Дейкстры, Джонсона и Джексона. Математически обосновано каждый из алгоритмов и сформирован ряд преимуществ и недостатков описанных алгоритмов в процессе передачи данных в сети Интернет с учетом условий передачи, количества передаваемой и каналов, как применено для передачи. Отмечено, что применение рассмотренных алгоритмов передачи данных позволит оптимизировать процесс передачи и обработки данных в компьютерных сетях, в свою очередь, оптимизированная передача и обработка данных значительно сократит время работы, а также расходы на разработку и поддержку программных продуктов, уменьшение затрат на совершенствование серверного программного обеспечения возможно за счет интеграции информационных ресурсов в центр обработки данных, при условии осуществления интеграции, значительно снизятся расходы на услуги и передачу данных в сети Интернет.

Ключевые слова: канал передачи данных, сеть, Интернет, формирование, устойчивость, влияние, пакет, безопасность, скорость.

Ozerchuk Ihor. Formation of a sustainable data transmission channel on the internet. A study of the principles of forming a stable data transmission channel on the Internet. Models, methods and algorithms for implementing data transmission on the Internet are revealed. The principles of data network formation are described. It is emphasized that such a parameter as the speed of data packets transmission on the Internet is controlled by the data flow and at the same time - by indirect measurements. It is noted that the distribution of data streams by the shortest ways for the implementation of fast and high-quality data arrays is especially problematic. It is emphasized that the methods of data transmission on the Internet, which require minimal time, or methods with minimal interference are such problems, on this basis, it is noted that the optimization of the path should be carried out according to any technical and economic criteria, ensure efficient use of communication lines and vertices. The need to create and develop new models of computer networks in connection with the emergence of global networks, the growth of information to be transmitted, its volume and the need to maintain high-quality computer security. The implementation of the method of Dijkstra, Johnson and Jackson is described. Each of the algorithms is mathematically substantiated and a number of advantages and disadvantages of the described algorithms in the process of data transmission on the Internet are formed, taking into account the conditions of transmission, the amount of information transmitted and the channels used for transmission. It is emphasized that the application of the considered algorithms of data transfer will allow to optimize the process of data transfer and processing in computer networks, in turn, optimized data transfer and processing will significantly reduce operating time and software development and maintenance costs. software is possible due to the integration of information resources into the data center, provided the integration, significantly reduce the cost of services and data transmission on the Internet.

Keywords: data channel, network, Internet, formation, stability, impact, package, security, speed.

Вступ та постановка проблеми дослідження. За останнє десятиліття українське суспільство пройшло шлях становлення та розвитку інформаційних технологій в усіх сферах життя. Інформаційні комп'ютерні мережі вийшли на новий рівень інноваційності. Формування оптимальної системи управління інформаційними комп'ютерними мережами полягає у необхідності моделювання безпечної передачі та якісної обробки даних [1]. Комп'ютерні мережі можуть об'єднати велику кількість підмереж з різною структурою, що в даний час є основною проблемою.

Складність процесу моделювання полягає у масштабності підключених пристроїв, які зберігають і передають дані по лініях зв'язку; високому ступені невідповідності елементів, які включає мережа, це і різноманітні типи комп'ютерів, і комунікаційне обладнання, операційні системи та додатки; також впливовим фактором є засоби об'єднання під мереж, до їх числа варто віднести лінії сполучення, телефонні канали, супутниковий зв'язок, тощо.

Регулювання інформаційних комп'ютерних мереж має змінити передачу та обробку інформації в мережі. Комп'ютерна мережа також повинна забезпечити оптимальне використання ресурсів, а також сумісність мережевого обладнання та роботи з прогнозування

До проблем формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет варто віднести: забезпечення адаптованості алгоритмів управління в ситуаціях, коли наявної інформації недостатньо для прийняття рішень; прогнозування роботи інформаційних комп'ютерних мереж для підвищення продуктивності управління; прийняття рішень, що відповідають реальним життєвим ситуаціям передачі інформації; забезпечення операційної системи із самокеруванням для її вдосконалення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет в умовах глобальної інформатизації сучасного суспільства є пріоритетним напрямком напрацювань багатьох як вітчизняних так і зарубіжних вчених.

М.А. Владимиренко, В.Ю. Соколов та В.М. Астапеня [2] провели дослідження стійкості роботи однорангових безпроводових мереж із самоорганізацією. У статті наведено принципові електричні схеми пристроїв, список використаного обладнання та програмного забезпечення, що було використано та наведено фотоматеріали прототипів створеної системи. Дана система може бути використана в реальних умовах для утворення системи розумного дому, отримання інформації з певних IoT датчиків.

Моделі та методи підвищення якості зв'язку в безпроводових телекомунікаційних системах на основі формування паралельних інформаційних потоків дослідив С. О. Нікітін [2]. Автором розроблено математичну модель оцінювання поточної пропускної здатності телекомунікаційної мережі та стану її компонентів на основі просторового розділення користувачів. Запропонована модель дозволяє виконати оцінювання впливу завад на швидкість передачі інформації у пакетних системах передачі даних, оцінити характеристики бездротового середовища передачі даних та надати бездротовому пристрою можливість динамічно змінювати параметри MAC-рівня в залежності від зміни параметрів середовища. Вперше розроблено метод оптимізації довжини інформаційного пакету передачі інформації у бездротових мережах за дії завад. Відмінність від існуючих полягає у тому, що оптимальна довжина переданого пакету формується в залежності від рівня завад і типу модуляції, що дозволяє підвищити швидкість передачі інформації, пропускну здатність мережі й якість обслуговування в цілому.

У [4] висвітлено принципи та технологію функціонування цифрових мереж. Розглянуто методику проєктування та єдиного системного підходу до оцінки телекомунікаційних сервісів.

Технології забезпечення безпеки мережевої інфраструктури розкривають В. Л. Бурячок, А. О. Аносов, В. В. Семко, В. Ю. Соколов та П. М. Складанний [5].

Із зарубіжних варто рів варто відзначити такі роботи як: М. М. Zanjireh and H. Larijani [6], С. К. Toh, А. N. Le, and Y. Z. Cho [7], F. Stajano and R. Anderson [8], U. Wilensky, R. William [9], S. Zhu, S. Xu, S. Setia, and S. Jajodia [10] та інші.

Проте, враховуючи описані наукові набутки, за темою, питання формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Мета статті. Провести дослідження принципів формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет.

Викладення основного матеріалу дослідження. Системи передачі даних часто функціонують в умовах значних коливань властивостей ліній передачі, через які передаються дані по мережі Інтернет. Такі коливання залежать від зовнішніх умов, а також від змін у взаємному положенні приймача-передавача.

При моделюванні каналів передачі даних у мережі Інтернет часто використовується модель прихованого марківського процесу. Окремим випадком цього процесу є модель Гілберта. Координація

швидкості передачі даних з поточним станом лінії передачі набуває вирішального значення. Один із відомих розроблених підходів складається з ідентифікації характеристик лінії передачі та вибору оптимального методу кодування сигналу, узгодженого з поточною частотною характеристикою лінії передачі. Зазначений підхід є складним у апаратній реалізації. У той же час методи управління швидкістю передачі даних у мережі Інтернет, які дозволяють узгодити її з поточним станом лінії передачі, вже використовуються в операційних системах зв'язку та є доволі ефективними.

Так, можна вказати протокол TCP / IP, де швидкість передачі пакетів зростає лінійно на противагу втраті пакетів. Після цього максимальна швидкість поступово зменшується у фіксованій пропорції, а потім знову зростає за лінійним законом. Необхідно підкреслити, що цей метод управління є типовою реалізацією стохастичного управління процесом на неповних даних, що передаються у мережі Інтернет. Насправді швидкість розриву втрат пакетів є спостережуваним процесом, пов'язаним як зі станом лінії передачі, так і зі швидкістю розірвання пакетів.

Швидкість передачі пакетів також контролюється потоком даних і одночасно – непрямыми вимірами. В останні роки були запропоновані механізми управління, в яких здійснюється безпосереднє вимірювання параметрів пакетів, що були втрачені при передачі і налаштуванні мережі, таким чином, щоб забезпечити максимальну зручність для користувача.

Проста передача вже існуючих технічних рішень бездротовими лініями зв'язку призведе до очевидно неоптимального рішення, оскільки рівень коливань в бездротових лініях зв'язку і, що найголовніше, їх тимчасові характеристики суттєво відрізняються від тих, що є у фіксованих волоконно-оптичних носіях та дротових лініях зв'язку.

З іншого боку, у стохастичній теорії управління в системах із прихованими марківськими процесами є результати, які дозволяють розраховувати на успіх під час їх застосування при вирішенні проблем систем передачі даних. Запропонований підхід базується на таких передумовах: умова каналу описується ходом Маркова з кінцевим набором станів і відомою інтенсивністю переходів; швидкість передачі даних є робочим параметром, а інтенсивність втрат пакетів є відомою монотонною функцією від швидкості передачі та стану каналу; метою операції є вибір такого закону зміни швидкості передачі даних, за допомогою якого досягається максимальне середнє значення успішно переданих пакетів у мережі Інтернет.

Основною проблемою в організації мереж є розподіл потоків даних найкоротшими шляхами. Способи передачі даних у мережі Інтернет, які вимагають мінімального часу, або способи з мінімальними перешкодами належать до такого роду проблем. Відповідно, оптимізація тракту повинна здійснюватися за будь-якими технічними та економічними критеріями, а обрані шляхи повинні гарантувати ефективне використання ліній та вершин зв'язку.

Використання адаптивної маршрутизації дозволяє зменшити середній час знаходження пакета в мережі, дає можливість зменшити витрати на його доставку та підвищити загальну надійність мережі завдяки автоматичному вибору маршруту на основі даних топології мережі. Але всі ці функції надзвичайно навантажують комп'ютерні центри. Тому використання адаптивної маршрутизації можливо в обмеженому режимі. З цієї причини існує проблема розробки програмного забезпечення оптимізації вибору шляху з метою зменшення навантаження на комп'ютерні центри, а також отримання можливості використання багатопроменевої маршрутизації. Для вибору найбільш підходящого маршруту для відправки даних у мережі Інтернет до наступного вузла використовується графік директив. Вершини графіка це маршрутизатори, а ребра, що з'єднують вершини, це фізичні лінії зв'язку, кожній з яких відповідає якесь інтегральне значення.

Сьогодні існує кілька алгебраїчних методів, які дозволяють описати процес отримання результатів у формі, зручній для подальших досліджень.

Теорія черг відіграє важливу роль у формуванні стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет. Свого часу використання теорії дозволило вирішити багато завдань, наприклад, моделювання магістральних мереж, які управляють трафіком між системами.

Слід зазначити, що ця теорія охоплює широкий спектр моделей, серед яких можна відзначити: мережі Джексона; мережі Маркова з різними класами вимог та параметрів, що залежать від стану; мережі із випадковим вибором каналу в блоці та узагальненим процесором спільного використання; мережі з дисципліною обслуговування «узагальнений обмін процесорами» та різними класами вимог; мережі черг з різними каналами.

Багато «черг» та «каналів обслуговування», які отримують запити на обслуговування, є предметом теорії доменів систем масового обслуговування. Цей математичний алгоритм поширюється в процесі подання заявок на аналіз комп'ютерних мереж.

На основі систем масового обслуговування формування нових технологій передачі даних, а також поява глобальних мереж, які, у свою чергу, пов'язані зі зростанням інформації та комп'ютерною безпекою, призвели до необхідності створення та розвитку нових моделей комп'ютерних мереж [3].

Існуючі методи, як правило, використовують перші два моменти (середнє значення та дисперсію) розподілу часу у вхідному потоці та часу обслуговування. Але вони досить невизначені, і не завжди вдається отримати надійні результати. Тому деякі автори пропонують використовувати підходи щодо обміну. Метод теорії черг дозволяє визначити розміри найкоротших шляхів між усіма вершинами, а також довжини всіх можливих шляхів між кожним набором з двох вершин мережі. Це дозволяє знаходити найменші відстані в цій мережі. Методи лінійного програмування, ці методи пов'язані з визначенням найкращої програми адміністративних дій у випадку, коли лінійна залежність, в якій невідомі знаходяться на першому ступені, виступає як цільова функція та обмеження. Визначення проблеми лінійного програмування має надзвичайний характер. Він полягає у визначенні таких змінних значень, при яких цільова функція досягає свого максимуму або мінімуму залежно від характеру проблеми.

Особливе місце в математичному забезпеченні процедур формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет займає Дейкстра алгоритм, який базується на принципі оптимальності. Цей метод дозволяє знайти найкоротший шлях між одним вузлом у графіку та всіма іншими. Алгоритм працює лише для графіків без ребер, що мають негативну вагу, хоча зараз існують узагальнені методи усунення цього недоліку (метод Дейкстри з потенціалами). Суть алгоритму полягає у покроковій побудові дерева найкоротших маршрутів від початкової вершини. Виникає необхідність після додавання на кожному етапі лінії зв'язку і вузла щоб новостворений найкоротший шлях був мінімально можливим на всіх кінцевих вершинах, яких ще немає в дереві. Існують обчислювані вектори масштабів шляхів і коригування початкових векторів найкоротших шляхів у процесі створення дерева найкоротших шляхів. Складність алгоритму Дейкстри залежить від способу пошуку вершини v , а також від способу зберігання безлічі не відвіданих вершин та способу оновлення тегів. На графіку G , n і m – це відповідно кількість вершин, а ребра для пошуку вершини, використовуючи найкоротший шлях до вершини v , проходять через всю сукупність n .

Час роботи алгоритму мінімізації становить $O(n^2 + m)$. Для розряджених графіків (для яких $m \ll n$) при використанні спеціальних алгоритмів оптимізації швидкості роботи робочий час може становити $O(n \log n + m \log n)$ або навіть $O(n \log n + m)$. Метод Дейкстра широко застосовується в мережевому програмуванні. Використання модифікованого алгоритму Дейкстри як ефективного інструменту для розподілу потоків вхідної інформації в основних мережах IP за допомогою протоколу OSFP дозволяє поліпшити надійність мережі, захищаючи її від перевантажень даних.

Алгоритм Джонсона дозволяє знайти найкоротший шлях між усіма парами вершин у розрідженому, зваженому на ребра, спрямованому графіку. Цей метод діє, якщо графік містить ребра з позитивною або від'ємною вагою, але немає циклів з від'ємною вагою. Якщо в алгоритмі Дейкстри не зменшується черга з пріоритетами у формі послідовності Фібоначчі, час роботи алгоритму Джонсона становить $O(n^2 \lg n + nm)$.

Теорія графів використовується паралельно з теорією нечітких множин та теорією ймовірностей. Ця сумісність не дозволяє залучити великий клас завдань до лінійного програмування.

В даний час теорія графів є одним з основних математичних алгоритмів, які використовуються для вивчення поведінки мережі при передачі пакетів. Одним із рішень проблеми оптимізованої маршрутизації та зменшення потоку трафіку в кожному вузлі мережі є використання теорії графів та мереж Петрі.

Класична мережа Джексона вивчається з припущенням, що тривалість сервісного додатка має експоненціальний розподіл.

Існує метод розрахунку характеристик стохастичних систем обробки додатків на основі дифузійних моделей. Процес функціонування вузла обробки додатків розглядається як двовимірний дифузійний процес, який складається з двох потоків: потоку надходження заявок n передачу пакетів по мережі Інтернет ($i = 1$) та вихідного потоку ($i = 2$).

$$\frac{\partial p(x_i, t)}{\partial t} = \sum_{i=1}^2 \left\{ a_i \frac{\partial^2 p(x_i, t)}{\partial x_i^2} - b_i \frac{\partial p(x_i, t)}{\partial x_i} \right\}$$

де $p(x, t)$ – щільність вірогідності прийому ($i = 1$), обробка ($i = 2$) запитів: a – коефіцієнт дифузії, b – коефіцієнт дрейфу.

Такий підхід дозволяє використовувати нові алгоритми системи застосувань стохастичної обробки. Але в цьому випадку мережева структура відокремлена, і модель працює під час середнього часу прийому та обслуговування додатків, під час дисперсії приходу, під час простою технічного обслуговування додатків та вузла. Таким чином, ця модель є затратною в часі та не зручною в обслуговуванні. Доведено, що якщо дискретний процес Маркова, що описує роботу мережі Джексона зі змінною структурою, є ергодичним, його обмежувальний розподіл $P(n)$ задовольняє наступному рівнянню:

$$P(n) = \frac{\prod_{i=1}^m \left(\frac{\bar{\lambda}_i}{\mu_i}\right)^n}{\prod_{i=1}^m \frac{\mu_i}{\mu_i - \bar{\lambda}_i}}$$

де λ і μ – інтенсивності вхідного та вихідного потоку даних i -го – типу, відповідно; n – кількість робочих одиниць, m – гранична кількість різних типів даних.

Таким чином, аналіз алгоритмів формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет дає можливість здійснити узагальнення:

1. Для мереж з потоковою передачею даних переважно використовувати метод Джонсона, оскільки він забезпечує збільшення швидкості у випадку топології мережі, що описується великим графіком.

2. Серед алгоритмів передачі одиничних пакетів даних можна відзначити алгоритм Дейкстри (протокол OSFP). Цей алгоритм активно використовується як частина протоколу OSFP для маршрутизації в автономних системах (протокол внутрішнього блокування).

3. Матричний алгоритм, як і інші багатопроменеві алгоритми, має перевагу у випадку здійснення передачі даних по одному каналу, що складається заздалегідь розрахованими альтернативними відстанями, що призводить до підвищення надійності мережі та можливості перерозподілу навантаження між лініями зв'язку.

4. Визначення найкоротшого шляху може бути здійснено методами лінійного програмування, що дозволяє оцінити ефект тимчасового відставання мережі при мінімізації середнього часу передачі повідомлення.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У роботі досліджено, принципи формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет. Застосування розглянутих алгоритмів передачі даних дозволить оптимізувати процес передачі та обробки даних у комп'ютерних мережах. Оптимізована передача та обробка даних значно скоротить час роботи, а також витрати на розробку та підтримку програмних продуктів. Зменшення витрат на вдосконалення серверного програмного забезпечення можливо за рахунок інтеграції інформаційних ресурсів у центр обробки даних, за умови здійснення інтеграції, значно знизяться витрати на послуги та передачу даних у мережі Інтернет.

Перспективи подільних досліджень ґрунтуються на вдосконаленні алгоритму формування стійкого каналу передачі даних у мережі Інтернет з подальшим впровадженням за потребою.

Список бібліографічного опису.

1. Давидовський, Ю. К., Рева, О. А., & Малєєва, О. В. (2018). Метод моделювання параметрів мережі передачі даних для її модернізації. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 4 (6), 15-22.
2. Владимиренко М.А., Соколов В.Ю., Астапеня В.М. (2019). Дослідження стійкості роботи однорангових безпроводових мереж із самоорганізацією. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, 3, 6-26.
3. Нікітін, С. О. (2016). *Моделі та методи підвищення якості зв'язку в безпроводових телекомунікаційних системах на основі формування паралельних інформаційних потоків* : дис. ... канд. техн. наук : 05.12.02 ; Укр. держ. ун-т залізн. трансп. Харків, 2016. 168 с.
4. Гах, І. (2020). Моделі мереж для передачі мультимедійної та комунікаційної інформації в інформаційно-бібліотечному середовищі. *Наукові праці Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського*, (60), 259-275.
5. Бурячок, В. Л. (2019). *Технології забезпечення безпеки мережевої інфраструктури*: Підручник. Київ: КУБГ.

References.

1. Zanjireh, M. M., & Larijani, H. (2015, May). A survey on centralised and distributed clustering routing algorithms for WSNs. In *2015 IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring)* (pp. 1-6). IEEE.

2. Toh, C. K., Le, A. N., & Cho, Y. Z. (2009). Load balanced routing protocols for ad hoc mobile wireless networks. *IEEE Communications Magazine*, 47(8), 78-84.
3. Stajano, F., & Anderson, R. (1999, April). The resurrecting duckling: Security issues for ad-hoc wireless networks. In *International workshop on security protocols* (pp. 172-182). Springer, Berlin, Heidelberg.
4. Wilensky, U., & Rand, W. (2015). An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and. In *and engineered complex systems with NetLogo*. The MIT Press.
5. Zhu, S., Xu, S., Setia, S., & Jajodia, S. (2003, May). LHAP: a lightweight hop-by-hop authentication protocol for ad-hoc networks. In *23rd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 2003. Proceedings.* (pp. 749-755). IEEE. doi: 10.1109/icdsw.2003.1203642.