

А. С. Свиридов¹, А. А. Коваленко¹, Г. А. Кучук²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

МЕТОД ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КРИТИЧНОЇ ДІЛЯНКИ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ ON/OFF-МОДЕЛІ ТРАФІКУ

Актуальність. Основним недоліком існуючих моделей трафіку критичної ділянки мережі є неврахування тієї обставини, що в періоди активності кожного окремого джерела трафіку передача пакетів здійснюється групами. Також звичайно не враховуються особливості бездротових мереж. **Мета статті** – розробка методу перерозподілу пропускної здатності критичної ділянки мережі на основі удосконалення ON/OFF-моделі трафіку для використання у бездротових мережах. **Методи,** що використовувались у дослідженнях: методи аналізу черг, фрактальний аналіз, статистична обробка даних. **Результати.** У статті розглянута класична ON/OFF модель трафіку, були виявлені недоліки такої моделі при застосуванні її для бездротової мережі передачі даних. Була запропонована розширена ON/OFF модель трафіку, яка виправляє недоліки існуючої, були виявлені умови, при яких вдосконалена модель буде працювати найбільш раціонально. Було запропоновано метод перерозподілу пропускної здатності на основі удосконаленої розширеної ON/OFF-моделі трафіку на вході критичної ділянки бездротової мережі передачі даних в якій, на відміну від аналогів, точка розподілу між службовим і інформаційним трафіком забезпечує пропорційний розподіл пропускної здатності, що дозволяє зменшити кількість ітерацій пошуку точки розподілу на основі втрати пакетів і забезпечити збільшення частки пропускної здатності, що надається для передачі інформаційного трафіку користувача. **Висновки.** Для зменшення часу передачі даних в умовах обмеженої пропускної здатності критичних ділянок бездротової мережі передачі даних найбільш раціонально використовувати методи, засновані на використанні властивостей фрактального трафіку, що дозволяють провести короткострокове прогнозування його інтенсивності. Запропонований варіант розширеної ON/OFF-моделі трафіку дозволить виконати короткостроковий прогноз його інтенсивності. Запропонований метод перерозподілу пропускної здатності дозволяє забезпечити збільшення частки пропускної здатності, що надається для передачі інформаційного трафіка користувачу.

Ключові слова: мережа; плаваюче вікно; трафік; метод; передача пакетів; алгоритм; ON/OFF модель.

Вступ

Постановка задачі та аналіз літератури.

Процес агрегування трафіку безлічі окремих джерел в об'єднаній мережі (що включає також ділянки, побудовані на бездротових мережах передачі даних), призводить до стрибкоподібних змін інтенсивності трафіку, який можна розглядати як фрактальний процес, статистичні характеристики якого виявляють властивості масштабної інваріантності.

Були розглянуті властивості й особливості таких трафікових процесів з урахуванням особливостей критичної ділянки бездротової мережі передачі даних. Було розглянуто дискретний у часі випадковий процес, який представлений часовим рядом $X(t)$, $t \in Z$, де $X(t)$ інтерпретується як обсяг трафіку в байтах за час t ; t – відлік трафіку. За аналогією з джерелом [1], об'єднаний (агрегований) процес $X(m)$ для X при рівні об'єднання (агрегування) m має вигляд:

$$X^{(m)}(i) = \frac{1}{m} \sum_{t=m(i-1)+1}^{mi} X(t).$$

Тоді процес $X(t)$ є строго фрактальним, в широкому сенсі, з показником Херста H ($0,5 < H < 1$). $X(t)$ є приблизно фрактальним другого порядку, якщо виконується

$$\lim_{m \rightarrow \infty} R^{(m)}(k) = \frac{\sigma^2}{2} \left((k+1)^{2H} - 2k^{2H} + (k-1)^{2H} \right)$$

Фрактальність другого порядку є основною структурою для аналізу і моделювання трафіку мереж

передачі даних [2]. На рис. 1, 2 показана властивості фрактального процесу на прикладі як трафіку в реальному масштабі часу, так і перемасштабованого: обидві траси виглядають статистично подібними.

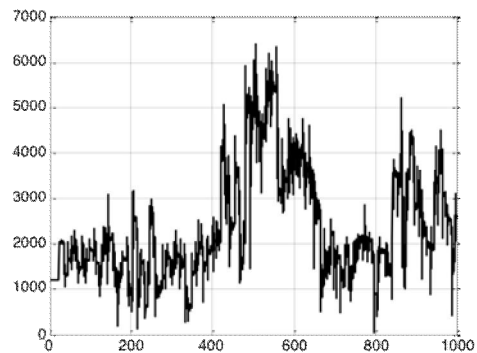


Рис. 1. Дискретна траса фрактального вихідного процесу при рівні агрегування з $H = 0,8$

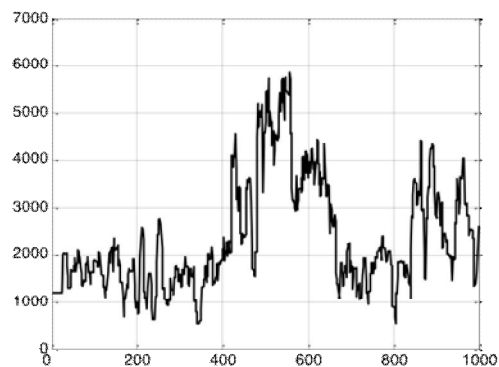


Рис. 2. Дискретна траса фрактального процесу при рівні агрегування ($m = 10$) у масштабованому процесі

Оцінка показника Херста на основі аналізу графіка автокореляційної функції [1]. Даний метод використовує аналіз графіка автокореляційної функції в подвійному логарифмічному масштабі. Кутний коефіцієнт апроксимуючої прямої – наближене значення H (рис. 3, 4).

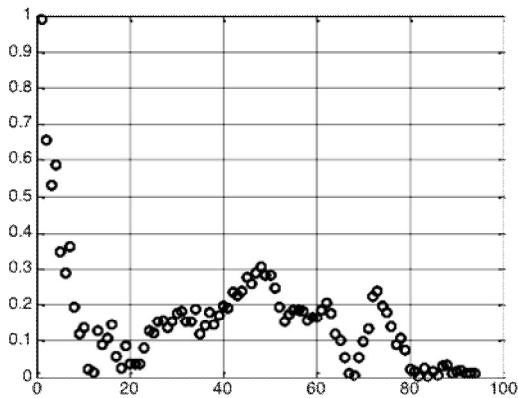


Рис. 3. Графік коефіцієнта кореляції для процесу, відповідного досліджуваному зрізу трафіку;

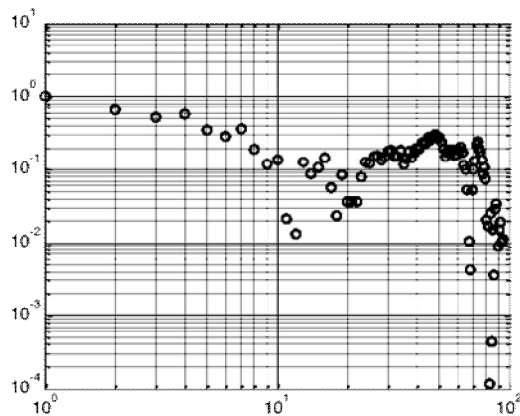


Рис. 4. Графік значень в подвійному логарифмічному масштабі

Для даного процесу значення буде $H = 0,8$. Розглянуті характеристики й особливості трафікових процесів критичної ділянки бездротової мережі передачі даних служать основою для проведення моделювання трафіку на вході критичної ділянки (з боку джерела трафіку) [3].

Однією з найпопулярніших моделей, яку можна зустріти в літературі для телекомунікаційного трафіку з вираженими фрактальними властивостями є ON/OFF-модель.

Традиційна ON/OFF-модель формує процес, який може приймати два стани: 0 або 1. Основними недоліками такої моделі є те, що не враховується що в періоди активності кожного окремого джерела трафіку передача пакетів здійснюється групами, також при цьому не враховуються особливості бездротових мереж [4].

Таким чином, завдання удосконалення даної моделі для бездротових мереж, є **актуальним**.

Метою даної статті є розробка методу перерозподілу пропускної здатності на основі удосконалення ON/OFF-моделі трафіку з метою використання у бездротових мережах.

Результати досліджень

1. Удосконалення ON/OFF моделі трафіку окремого джерела. Перший з перерахованих вище факторів врахований за рахунок розширення традиційної ON/OFF-моделі структурою обліку періодів активності джерела. Для цього для j -го джерела, задається розбиття інтервалу часу $[0, T]$ на деякій кількості періодів активності джерела де j - індекс джерела; i - номер інтервалу активності j -го джерела (ON-період); $t_{j,i}^{(0)}$ - початок i -го ON-інтервалу тривалістю дорівнює середньому часу джерела по інтервалу активності (рис. 5, 6).

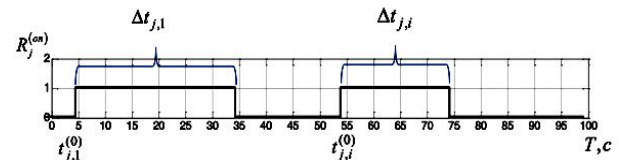


Рис. 5. Ієрархічна структура ON/OFF-моделі трафіку критичної ділянки бездротової мережі передачі даних, інтервали активності j -го джерела

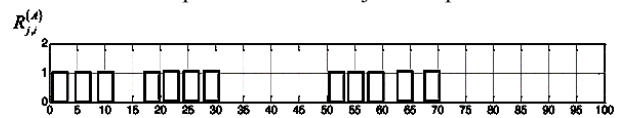


Рис. 6. Ієрархічна структура ON/OFF-моделі трафіку критичного ділянки бездротової мережі передачі даних, інтервали передачі груп пакетів в i -х інтервалах активності

Таке розбиття дозволяє врахувати порядок проходження груп пакетів на кожному ON-інтервалі даного джерела, а також враховує структуру періодів активності джерела.

Таким чином, в моделі враховуються дві з перерахованих вище причин, які обумовлюють прояв властивостей фрактальності трафіку: поведінка користувача і генерація трафіку [5, 6].

2. Прогнозування зміни інтенсивності трафіку. Згідно з дослідженнями, потоки даних в сучасних мережах, в тому числі і бездротових, характеризуються високим коефіцієнтом відхилення пікових значень інтенсивності. Таким чином, при об'єднанні великої кількості потоків даних, процес не згладжується, розподілений на часових інтервалах [7, 8]. З огляду на те, що процес управління перевантаженнями зазвичай реалізується на підставі аналізу втрат пакетів під час перевантаження, зниження швидкості передачі не завжди є виправданим заходом. В результаті пропускна здатність з'єднання використовується не в повній мірі. З огляду на те, що трафік на вході критичної ділянки бездротової мережі передачі даних може мати властивість фрактальності та може бути прогнозованим за рахунок кореляційної залежності, характерною для фрактальних процесів. Цю властивість можна використовувати для прогнозування необхідної для передачі розміру смуги пропускання [9].

Рис. 7 ілюструє статичне завдання необхідної пропускної здатності та можливість динамічної зміни пропускної здатності за рахунок прогнозування зміни інтенсивності трафіку.

Таким чином, для розробки методу перерозподілу пропускної здатності критичної ділянки бездротової мережі передачі даних необхідно розробити метод прогнозування зміни інтенсивності трафіку та метод перерозподілу пропускної здатності. Однак, необхідно враховувати, що при роботі мережі в нормальному режимі службовий трафік займає 5...10% загальної пропускної здатності, а при динамічній зміні топології мережі, при утворенні в бездротовій мережі передачі даних сегментів, які є критичними ділянками, службовий трафік може займати 80 і більше відсотків загальної пропускної здатності на даній ділянці (рис. 8) [10].

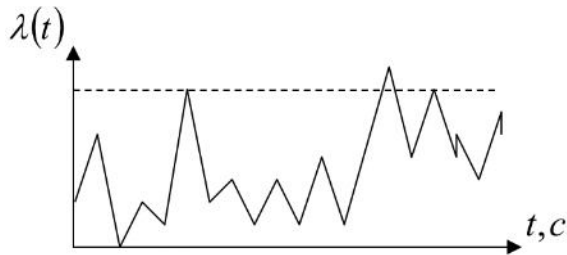


Рис. 7. Ілюстрація принципу динамічної зміни пропускної здатності на основі прогнозування інтенсивності трафіку, статичне завдання ПЗ

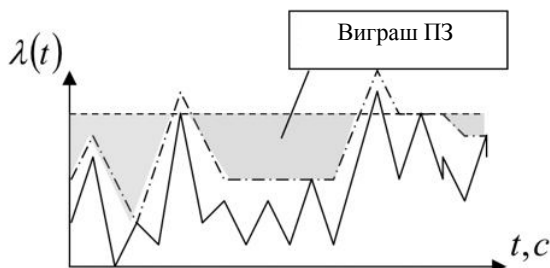


Рис. 8. Ілюстрація принципу динамічної зміни пропускної здатності на основі прогнозування інтенсивності трафіку, динамічне завдання ПЗ

Це призводить до зниження швидкості передачі пакетів інформаційного трафіку, їх втрат, а, отже, і до збільшення часу передачі даних. Отже, виникає необхідність перерозподілу пропускної здатності на критичній ділянці між потоками службового та інформаційного трафіку таким чином, щоб забезпечити і передачу пакетів інформаційного трафіку, і роботу мережі в умовах зміни її структури і складу.

3. Перерозподіл пропускної здатності на критичній ділянці. Пошук доступного розміру смуги пропускання для кожного з'єднання здійснюється за допомогою методів, заснованих на зворотному зв'язку між джерелом і споживачем. Протоколи за допомогою алгоритмів, заснованих на цих методах, визначають точку розподілу на основі відкидання пакетів при перевищенні потоком доступної пропускної здатності.

Для зменшення часу передачі даних і установки максимального розміру плаваючого вікна, при прояві трафіком властивостей фрактальності, можливе використання прогнозування на основі запропонованої ON/OFF моделі [11].

Запропонований метод передбачає визначення точки розподілу на основі прогнозування значень

інтенсивності на основі прогнозування сумарного інформаційного трафіку за допомогою розробленої ON/OFF-моделі. Це дозволяє визначити максимальні значення інтенсивності інформаційного трафіку на інтервалі прогнозування. Для цього проводиться аналіз статистичних характеристик вхідних потоків та їх перевірка на наявність властивостей фрактальності. Якщо значення показника Херста вказує на фрактальність трафіку ($0,75 = <H < 1$), то проводиться прогнозування за допомогою розробленої удосконаленої ON/OFF-моделі трафіку на вході критичної ділянки. В іншому випадку точка розподілу визначається за середнім значенням службового трафіку та інформаційного трафіку або використовуються існуючі методи пошуку точки розподілу [12].

Особливістю запропонованого методу є відмова від пріоритетності на критичній ділянці у визначенні точки розподілу і пропорційний розподіл пропускної здатності між потоками службового та інформаційного трафіку. Впливом можливого збільшення часу затримки пакетів службового трафіку можна знехтувати, так як час реакції мережі на зміну топології на порядок більше, ніж час проходження пакета через критичну ділянку.

5. Алгоритм управління інтенсивністю трафіку на критичній ділянці на основі зміни розміру плаваючого вікна. Розроблений метод пропорційного розподілу пропускної здатності на основі розробленої ON/OFF-моделі трафіку на вході критичної ділянки в якій, на відміну від аналогів, точка розподілу між службовим та інформаційним трафіком забезпечує пропорційний розподіл пропускної здатності та може бути реалізовано за рахунок виконання наступного алгоритму: аналіз статистичних характеристик потоків даних; аналіз показника Херста; визначення точки розподілу для прогнозованих значень; прийняття рішення на основі суми максимальних значень інтенсивності; визначення потоків, які сумарно перевищують значення пропорційне розподілення пропускної; здатності; подальший моніторинг потоків на вході.

Продовжений метод і алгоритм перерозподілу пропускної здатності між службовим та інформаційним трафіками можна модифікувати для перерозподілу складових інформаційного трафіку.

Для проведення прогнозування, в кожному потоці інформаційного трафіку оцінюється значення показника Херста. Якщо це значення не задовольняє умов $0,75 = <H < 1$, застосовуються відомі методи розподілу пропускної здатності, інакше – здійснюється прогнозування значень порогової інтенсивності для цих потоків за допомогою розробленої ON/OFF-моделі.

Знаючи значення інтенсивності вхідних потоків, можна здійснити перерозподіл пропускної здатності на критичній ділянці відповідно до даних прогнозу.

6. Перерозподіл пропускної здатності на основі прогнозування. З огляду на можливість перерозподілу пропускної здатності на основі прогнозування порогової інтенсивності потоку на вході, розглянемо таку характеристику, як – додаткова пропу-

ска здатність. Таким чином, інтервал часу на якому прогнозується значення порогової інтенсивності, і відповідно до якого пропускна здатність перерозподіляється на ньому так, що виконується умова

$$\min(R_{\text{прог}}(\tau)) \rightarrow \max(\lambda_{\text{прог}}(\tau)).$$

Виходячи з умови можна записати умову, необхідну при перерозподілі пропускної здатності з урахуванням прогнозування значення інтенсивності потоку даних (трафіку) на вході критичної ділянки:

$$\Delta\lambda_{\text{ку}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{БК}}} \left(\left(R_{\text{вйд}}^{(i)} + R_{\text{доп}}^{(i)} \right) - \lambda_{\text{прог}}^{(i)} \right) \rightarrow 0$$

де $R_{\text{вйд}}^{(i)}$ – виділена пропускна здатність для i -го віртуального каналу, що проходить через критичну ділянку ($i = 1, N_{\text{БК}}$); $R_{\text{доп}}^{(i)}$ – додаткова пропускна здатність для i -го віртуального каналу через критичну ділянку.

Для розглянутого випадку, чим більше значення k_p , тим менша пропускна здатність буде виділена для потоку даних з інтенсивністю λ_j і тим більше інформації буде втрачено та буде потребувати повторної передачі або чекатиме в черзі до каналу. У будь-якому випадку це призводить до збільшення часу передачі даних.

На рис. 9 показано перерозподіл пропускної здатності, суть якого полягає в тому, що в кожен інтервал часу t для кожного потоку даних λ_i виділяється кількість пропускної здатності відповідно до прогнозування значення інтенсивності потоку даних (трафіку) на вході критичної ділянки.

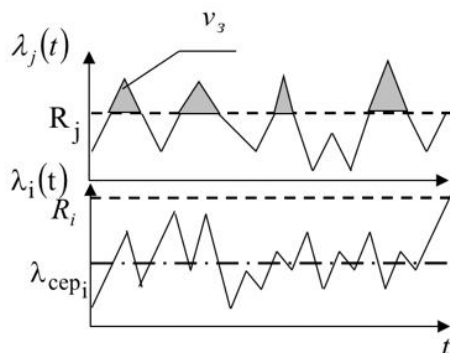


Рис. 9. Перерозподіл пропускної здатності з отриманням, що обумовлює зменшення об'єму втраченої або затриманої інформації

З огляду на його велике k_p , було отримано можливість виділення для потоку даних з інтенсивністю λ_j додаткової пропускної здатності:

$$R_{\text{доп}} = R_i - R_{\text{прог}}$$

Таким чином, при незмінній загальній пропускній здатності критичної ділянки $R_{\text{кд}}$, збільшується пропускна здатність критичної. Отриману додаткову пропускну здатність $R_{\text{доп}}$ можна використовувати або для збільшення швидкості передачі даних потоку даних з інтенсивністю λ_j , або для створення нового віртуального маршруту, що проходить через кри-

тичну ділянку, або для передачі службового трафіку, обсяг якого зростає при зміні структури та складу мережі та може бути в 3-4 рази більше, ніж сумарна інтенсивність потоків даних.

Збільшення виділеного розміру пропускної здатності, що характеризується збільшенням пропускної здатності для даного потоку даних, призводить до зменшення часу передачі пакету даних за рахунок додаткової пропускної здатності при незмінній пропускній здатності критичної ділянки.

Таким чином, розроблений метод перерозподілу пропускної здатності на основі прогнозування вхідних потоків даних в умовах обмеженої пропускної здатності, який дозволяє враховувати властивості фрактальності інформаційного трафіку.

На основі моніторингу потоків, на інтервалі часу T , на вході проводиться аналіз статистичних характеристик потоків службового трафіку та інформаційного трафіку здійснюється класифікація кожного з них за критерієм значення показника Херста.

Якщо значення показника Херста для будь-якого з них має значення $H = <0.75$, то розподіл пропускної здатності для даного потоку здійснюється згідно відомих методів управління. Разом з цим здійснюється подальший моніторинг на черговому часовому інтервалі.

Якщо значення показника Херста лежить в межах $0.75 < H < 1$, то відповідно до алгоритму пропорційного розподілу пропускної здатності між службового трафіку та інформаційного трафіку визначається точка розподілу на інтервалі часу T .

На основі моніторингу потоків вже тільки інформаційного трафіку на інтервалі часу T , на вході проводиться аналіз статистичних характеристик потоків інформаційного трафіку і здійснюється класифікація кожного з них за критерієм значення показника Херста.

У межах інтервалу T здійснюється прогнозування значень інтенсивності потоків інформаційного трафіку, що володіють властивістю фрактальності на інтервалі часу t .

Для потоку, що володіє властивостями фрактальності, виділяється пропускна здатність відповідно до результатів прогнозування.

Якщо сума максимальних значень інтенсивності потоків інформаційного трафіку не перевищує значення сумарної пропускної здатності, проводиться або допуск в мережу нових користувачів, або збільшення швидкості передачі на величину, відповідну різниці існуючої та можливої пропускної здатності.

Якщо сума максимальних прогнозованих значень інтенсивності потоків інформаційного трафіку перевищує значення сумарної пропускної здатності для інформаційного трафіку, відповідно до процедури повідомлення про перевантаження, джерела з підтвердженням отримання пакету отримують і команду на зниження швидкості передачі. Швидкість передачі знижується без втрати пакетів до встановленого в протоколі рівня. Потім швидкість передачі збільшується відповідно до фази адитивного збільшення швидкості передачі.

Якщо в подальший моніторинг потоків на вході вказує на те, що для них показник Херста приймає значення $H = < 0.75$, то здійснюється перехід до відомих раніше методів розподілу пропускної здатності. Разом з цим здійснюється подальший моніторинг на черговому часовому інтервалі.

Таким чином, вдосконалена розширена ON/OFF-модель вхідного трафіку для критичної ділянки, яка використовується при перерозподілі пропускної здатності критичного ділянки на основі прогнозування в бездротовій мережі передачі даних дозволяє зменшити час передачі даних на критичній ділянці.

ВИСНОВКИ

В статті було визначено, що для зменшення часу передачі даних в умовах обмеженої пропускної здатності критичних ділянок бездротової мережі передачі даних найбільш раціонально використовувати методи, засновані на використанні властивос-

тей фрактального трафіку, що дозволяють провести короткострокове прогнозування його інтенсивності.

Була вдосконалена розширена ON/OFF-модель трафіку, яка використовується на вході в критичну ділянку, що в свою чергу дозволяє при моделюванні врахувати особливості хендвера і, в разі фрактального характеру трафіку, виконати короткостроковий прогноз його інтенсивності.

Також запропоновано метод перерозподілу пропускної здатності на основі удосконаленої розширеної ON/OFF-моделі трафіку на вході критичної ділянки бездротової мережі передачі даних в якій, на відміну від аналогів, точка розподілу між службовим і інформаційним трафіком забезпечує пропорційний розподіл пропускної здатності, що дозволяє зменшити кількість ітерацій пошуку точки розподілу на основі втрати пакетів і забезпечити збільшення частки пропускної здатності, що надається для передачі інформаційного трафіка користувачу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Willinger, W. A/ Bibliographical Guide to Self-Similar Traffic and Performance for Modern High-Speed Networks [Text] / W. Willinger, M. Taqqu, A. Erramilli // *Stochastic Networks: Theory and Applications*. – Oxford: Oxford University Press, 1996. – P. 282–296.
2. Кучук Г. А. Метод синтезу інформаційної структури зв'язного фрагменту корпоративної мультисервісної мережі / Г. А. Кучук // *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*. – 2013. – Вип. 2(35). – С. 97-102.
3. Олифер, В. Г. Новые технологии и оборудование IP-сетей / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб.: БХВ, 2000. – 512 с.
4. Королев, А. В. Адаптивная маршрутизация в корпоративных сетях [Текст] / А. В. Королев, Г. А. Кучук, А. А. Пашнев. – Х.: ХВУ, 2003. – 224 с.
5. Ekwall R. Robust TCP Connections for Fault Tolerant Computing / R. Ekwall, P. Urban, A. Schiper // *Proc. Int. Conf. on Parallel and Distributed Systems*, 2003. – P. 501-508.
6. Кучук Г. А. Метод прогнозування фрактального трафіка / Г. А. Кучук, О. О. Можаяєв, О. В. Воробйов // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2006. – № 6 (18). – С. 181-188.
7. Кучук, Г. А. Метод перераспределения пропускной способности для уменьшения времени передачи данных в беспроводной сети [Текст] / Г. А. Кучук, А. С. Мохаммад, А. А. Коваленко // *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 3 (29). – С. 140–145.
8. Perkins, D. D. Factors Affecting the Performance of Ad Hoc Networks [/ Dmitri D. Perkins, Herman D. Hughes, Charles B. Owen // *ICC*. – 2002. – Vol. 4. – P. 2048–2052.
9. Kuchuk G. Approaches to selection of combinatorial algorithm for optimization in network traffic control of safety-critical systems / G. Kuchuk, V. Kharchenko, A. Kovalenko, E.Ruchkov // *East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*. – 2016. –P. 1-6. doi : <https://doi.org/10.1109/EWDTS.2016.7807655>.
10. Kuchuk G. A. An Approach To Development Of Complex Metric For Multiservice Network Security Assessment / G. A. Kuchuk, A. A. Kovalenko, A. A. Mozhaev // *Statistical Methods Of Signal and Data Processing (SMSDP – 2010): Proc. Int. Conf., October 13-14, 2010.*– Kiev: NAU, RED, IEEE Ukraine section joint SP, 2010. – P. 158 – 160.
11. Xylomenos, G. TCP Performance Issue over Wireless Links [Text] / G. Xylomenos, G. C. Polyzos, P. Mahonen, M. Saarenen // *IEEE Communications Magazine*. – 2001. – № 4. – P. 52–58.
12. Кучук Г. А. Минимизация загрузки каналов святой вычислительной сети / Г. А. Кучук // *Системи обробки інформації*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 1998. – Вип. 1(5). – С. 149-154.

REFERENCES

1. Willinger, W.A., Taqqu, M. and Erramilli A. (1996), "Bibliographical Guide to Self-Similar Traffic and Performance for Modern High-Speed Networks", *Stochastic Networks: Theory and Applications*, Oxford University Press, Oxford, pp. 282–296.
2. Kuchuk, G.A. (2013), "Method of synthesis of the information structure of the coherent fragment of the corporate multiservice network", *Collection of scientific works of the Kharkiv University of Air Forces*, No. 2 (35), pp. 97-102.
3. Oliner, V.G. (2000), *New Technologies and Equipment for IP Networks*, BHV, SPb., 512 p.
4. Korolyov, A.V., Kuchuk, G.A. and Pashnev A.A. (2003), *Adaptive routing in corporate networks*, HVU, Kharkiv, 224 p.
5. Ekwall, R., Urban, P. and Schiper, A. (2003), "Robust TCP Connections for Fault Tolerant Computing", *Proc. Int. Conf. on Parallel and Distributed Systems*, pp. 501-508.
6. Kuchuk, G.A., Mozhaev, O.O. and Vorobyov O.V. (2006), "Method of forecasting fractal traffic", *Radioelectronic and computer systems*, NAU "KhAI", Kharkiv, No. 6 (18), pp. 181-188.

7. Kuchuk, G.A., Mohammad, A.S. and Kovalenko A.A. (2011), "The method of redistributing the bandwidth to mitigate the transmission time of data in a wireless network", *Collection of scientific works of Kharkiv University of Air Forces*, KhUPS, Kharkiv, No. 3 (29), pp. 140-145.
8. Perkins, D.D., Hughes, H.D. and Owen C.B. (2002), "Factors Affecting the Performance of Ad Hoc Networks", *ICC*, Vol. 4, pp. 2048–2052.
9. Kuchuk, G., Kharchenko, V., Kovalenko, A. and Ruchkov, E. (2016), "Approaches to selection of combinatorial algorithm for optimization in network traffic control of safety-critical systems", *East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*, pp. 1-6, available at : <https://doi.org/10.1109/EWDTS.2016.7807655>.
10. Kuchuk, G.A., Kovalenko, A.A. and Mozhaev, A.A. (2010), "An Approach To Development Of Complex Metric For Multiservice Network Security Assessment", *Statistical Methods Of Signal and Data Processing (SMSDP – 2010): Proc. Int. Conf.*, October 13-14, 2010, NAU, RED, IEEE Ukraine section joint SP, Kyiv, pp. 158-160.
11. Xylomenos, G., Polyzos, G.C., Mahonen, P. and Saarenen, M. (2001), "TCP Performance Issue over Wireless Links", *IEEE Communications Magazine*, No. 4, pp. 52–58.
12. Kuchuk, G.A. (1998), "Minimizing the loading of channels of the sacred network", *Information processing systems*, NASU, PANM, HVU, Kharkiv, No. 1 (5), pp. 149-154.

Received (Надійшла) 21.03.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 16.05.2018

Метод перераспределения пропускной способности критического участка сети на основе совершенствования ON/OFF-модели трафика

А. С. Свиридов, А. А. Коваленко, Г. А. Кучук

Актуальность. Основным недостатком существующих моделей трафика критического участка сети есть неучет того обстоятельства, что в периоды активности каждого отдельного источника трафика передача пакетов осуществляется группами. Также обычно не учитываются особенности беспроводных сетей. **Цель статьи** - разработка метода перераспределения пропускной способности критического участка сети на основе совершенствования ON/OFF-модели трафика для использования в беспроводных сетях. **Методы**, которые использовались в исследованиях: методы анализа очередей, фрактальный анализ, статистическая обработка данных. **Результаты.** В статье рассмотрена классическая ON/OFF модель трафика, были обнаружены недостатки такой модели при применении ее для беспроводной сети передачи данных. Была предложена расширенная ON/OFF модель трафика, которая исправляет недостатки существующей, были обнаружены условия, при которых усовершенствованная модель будет работать наиболее рационально. Был предложен метод перераспределения пропускной способности критического участка беспроводной сети передачи данных на основе усовершенствованной расширенной ON/OFF-модели трафика на входе этого участка, в которой, в отличие от аналогов, точка распределения между служебным и информационным трафиком обеспечивает пропорциональное распределение пропускной способности. Это позволяет уменьшить количество итераций поиска точки деления на основе потери пакетов и обеспечить увеличение доли пропускной способности, предоставляемой для передачи информационного трафика пользователя. **Выводы.** Для уменьшения времени передачи данных в условиях ограниченной пропускной способности критических участков беспроводной сети передачи данных наиболее рационально использовать методы, основанные на использовании свойств фрактального трафика, позволяющие провести краткосрочное прогнозирование его интенсивности. Предложенный вариант расширенной ON/OFF-модели трафика позволит выполнить краткосрочный прогноз его интенсивности. Предложенный метод перераспределения пропускной способности позволяет обеспечить увеличение доли пропускной способности, предоставляемой для передачи информационного трафика пользователем.

Ключевые слова: сеть; плавающее окно; трафик; метод; передача пакетов; алгоритм; ON/OFF модель.

The pass-through capacity redevelopment method of net critical section based on improvement ON/OFF models of traffic

A. Sviridov, A. Kovalenko, H. Kuchuk

Relevance. The main disadvantage of the existing traffic models of the critical network section is that it does not take into account the fact that during the periods of activity of each separate traffic source, packets are transmitted by groups. Also, the characteristics of wireless networks are not usually taken into account. **The purpose of the article** is to develop the method for re-distributing the bandwidth of the critical network segment based on the improvement of the ON/OFF model of the traffic for use in wireless networks. **The methods** used in the studies: queuing analysis methods, fractal analysis, statistical data processing. **Results.** The classic ON/OFF model of traffic is considered in the article, the disadvantages of this model were discovered when applying it for a wireless data transmission network. An extended ON/OFF traffic model was proposed, which corrects the shortcomings of the existing one, conditions were found in which the improved model would work most rationally. A method was proposed for redistributing the bandwidth of the critical section of the wireless data network based on the improved extended ON / OFF model of traffic at the entrance of this section, in which, unlike analogues, the distribution point between the service and information traffic ensures a proportional distribution of the bandwidth. This makes it possible to reduce the number of iterations of the point of division search based on the loss of packets and to provide an increase in the proportion of bandwidth provided for the transmission of user traffic information. **Conclusions.** To reduce the time of data transfer in conditions of limited bandwidth of critical sections of the wireless data network, it is most rational to use methods based on the use of fractal traffic properties, allowing short-term forecasting of its intensity. The proposed version of the extended ON / OFF model of traffic will allow performing a short-term forecast of its intensity. The proposed method of bandwidth redistribution allows to increase the share of bandwidth provided for the transmission of information traffic to the user.

Keywords: network; floating window; traffic; method; packet transfer; algorithm; ON/OFF model.