

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

УДК 656.212.5-047.58

В. М. ПАХОМОВА^{1*}, Л. В. СТРИБУЛЕВИЧ¹

^{1*}Каф. «Електронні обчислювальні машини», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373 15 89, ел. пошта viknik.p1988@mail.ru

МОДИФІКОВАНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАРКЕРНОГО МЕТОДУ ДОСТУПУ ДО ШИНИ

Мета. Для дослідження характеристик локальної мережі з використанням маркерного методу доступу до шини розробити її модифіковану імітаційну модель. **Методика.** Характеристики мережі визначаються на розробленій імітаційній моделі, в основу якої покладено діаграми станів каналного рівня станції мережі з механізмом обробки пріоритетів як у стійкому стані, так і під час виконання процедур керування: ініціації логічного кільця, входу та виходу станції мережі з логічного кільця. **Результати.** Розроблено імітаційну модель, використовуючи яку можна отримати залежності максимального часу очікування заявки в черзі для різних класів доступу, часу реакції та корисної пропускної спроможності мережі від швидкості передачі даних, кількості станцій мережі, інтенсивності генерації заявок, кількості кадрів, що передаються за час утримання маркера, довжини кадру. **Наукова новизна.** Запропоновано методику імітаційного моделювання локальної мережі, яка відображає її роботу як у стійкому стані, так і з використанням процедур керування, механізму призначення й обробки пріоритетів. **Практична значимість.** Визначення характеристик мережі в системах реального часу на залізничному транспорті на основі розробленої імітаційної моделі.

Ключові слова: маркерний метод доступу до шини; призначення пріоритетів; класи доступу; процедури керування

Вступ

У системах реального часу на сортувальних станціях доцільне використання локальних мереж, які відповідають вимогам обробки сигналів реального часу з наземного обладнання (на нижньому рівні) [10, 14]. Таку можливість надають локальні мережі з використанням маркерного методу доступу до шини [4]. Цій проблемі присвячена низка наукових праць [1–3, 5–8, 13, 15–16]. Раніше була розроблена відповідна імітаційна модель, яка відображає роботу мережі в стійкому стані (без використання процедур керування, механізму призна-

чення й обробки пріоритетів) [9]. На даному етапі виконано удосконалення первинної імітаційної моделі локальної мережі.

Мета

Для дослідження характеристик локальної мережі з використанням маркерного методу доступу до шини в системах реального часу на залізничному транспорті розробити модифіковану імітаційну модель «Token Bus» з механізмом призначення пріоритетів, що відображає роботу мережі як у стійкому стані, так і з застосуванням основних процедур керування: ініціа-

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

ції логічного кільця, входу та виходу станції мережі з логічного кільця.

Методика

Характеристики локальної мережі в системах реального часу на залізничному транспорті визначаються на розробленій імітаційній моделі мережі, в основу якої покладена не тільки діаграма станів каналного рівня маркерного методу доступу до шини (стійкий стан) [9], а й запропоновані в [11] діаграми станів каналного рівня станції локальної мережі з використанням механізму призначення та обробки даних за класами доступу й основних процедур керування: ініціації логічного кільця, входу та виходу робочої станції мережі з логічного маркерного кільця.

Результати

В основу первинної імітаційної моделі покладена діаграма каналного рівня станції локальної мережі з використанням маркерного методу доступу до шини в стійкому стані (без використання процедур керування та без призначення й обробки пріоритетів) [9]. Основою модифікованої імітаційної моделі «Token Bus» є діаграми станів каналного рівня станції локальної мережі з використанням маркерного методу доступу до шини з механізмом призначення й обробки пріоритетів та застосуванням основних процедур керування: ініціації логічного кільця, входу та виходу станції мережі з логічного кільця, тобто в ній більш ефективно реалізовано імітаційне моделювання. Особливістю та складністю маркерного методу доступу є наявність процедур керування. Детальні діаграми станів з їх використанням, що були задіяні в модифікованій імітаційній моделі, розроблені та описані в [11].

Так, у модифікованій імітаційній моделі, як і в [9], демонструється модель процесів передачі/прийому маркера та даних, але метод маркерного доступу до шини забезпечує механізм призначення пріоритетів, який призначає кадрам даних, що чекають передачі, різні «класи обслуговування», які класифікуються за бажаною пріоритетністю передачі [4]. Класи обслуговування 0 і 1 відповідають класу досту-

пу 0, класи обслуговування 2 і 3 – класу доступу 2, класи обслуговування 4 і 5 – класу доступу 4 і класи обслуговування 6 і 7 – класу доступу 6. На рис. 1 наведена діаграма станів каналного рівня з використанням маркерного методу доступу до шини з класами доступу обслуговування кадрів.

Для кожного класу доступу є черга кадрів, що підлягають передачі. Коли станція приймає маркер, вона спочатку обслуговує чергу найвищого класу доступу. Для шостого класу доступу призначається час утримання маркера (Token Holding Time, THT), для класів доступу 4, 2 та 0 – бажаний час обертання маркера (Token Rotation Time, TRT^n , де $n = 4, 2$ або 0). Тому кожна станція мережі повинна мати таймер утримання маркера та три таймери обертання маркера для трьох нижчих класів доступу. Для кожного класу доступу станція вимірює час, який витрачає її маркер на циркуляцію по логічному кільцю $TRT_{\text{факт}}^n$. На відміну від [9] у модифікованій імітаційній моделі додаються відповідні стани «Аналіз класу доступу» та «Аналіз $TRT_{\text{факт}}^n$ ». Якщо маркер повертається на станцію за менший час, ніж бажаний час обертання маркера $TRT_{\text{факт}}^n < TRT^n$ (див. рис. 1), то станція може передавати кадри цього класу доступу доти, поки не вичерпається цей час. Якщо ж маркер повертається після бажаного часу його повернення $TRT_{\text{факт}}^n \geq TRT^n$ (див. рис. 1) – станція не може передавати кадри цього пріоритету за такого часу передачі маркера. Тільки після передачі всіх кадрів вищого пріоритету станція приступає до обслуговування таймерів обертання маркера й черг, переходячи від вищих до нижчих класів доступу.

Під час імітаційного моделювання локальної мережі використана схема з фіксованим кроком зсуву системного часу; програмна реалізація імітаційної моделі виконана за допомогою мови об'єктно-орієнтованого програмування Delphi. Структура відповідної програмної імітаційної моделі локальної мережі зображена на рис. 2.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

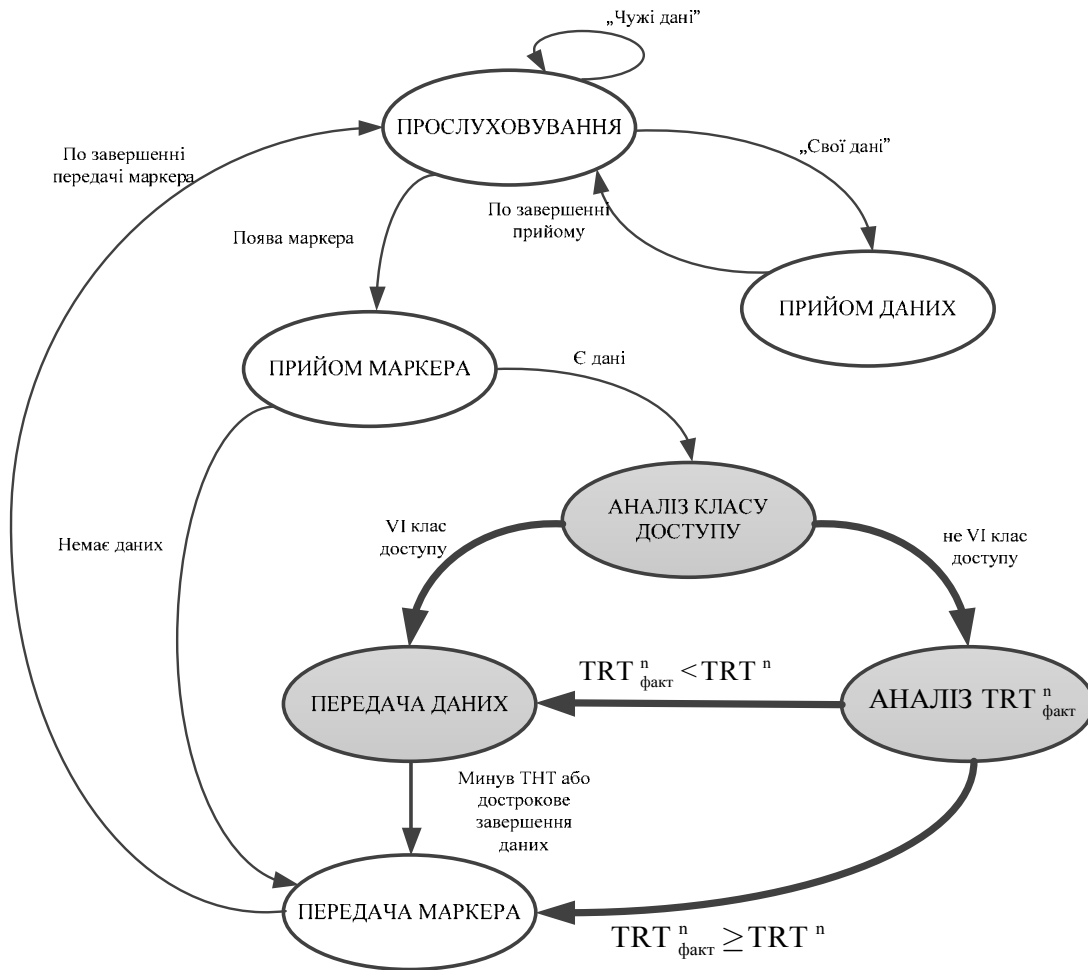


Рис. 1. Діаграма станів каналного рівня станції мережі з механізмом обробки пріоритетів

Форма «Діалог» призначена для задання характеристик мережі для моделювання. Є можливість запускати модель зі значеннями за промовчанням або зі значеннями, які перебувають у допустимому діапазоні, що вводить користувач, після чого виконується автоматичний розрахунок необхідних констант. Функція «Ініціалізація початкових значень» виконує скидання змінних та встановлення за промовчанням характеристик мережі. Функція «Введення даних користувача» надає користувачу можливість зміни будь-яких із запропонованих характеристик мережі. За допомогою функції «Підтвердження введених даних» здійснюється запис у зміні даних, які розташовані в полях введення. Функція «Розрахунок та виведення констант» на основі введених даних виконує розрахунок констант для роботи мережі та їх виведення. Функція «Перехід до моделювання» закриває діалогове вікно та запускає вікно моделювання.

Форма «Моделювання» призначена для відображення процесу моделювання мережі із заданими характеристиками. Надає користувачу можливість зміни деяких характеристик мережі та відображає стан основних параметрів мережі в процесі моделювання. Функція «Ініціалізація початкових умов» на основі введених користувачем даних встановлює лічильники та параметри мережі в первинний стан. Функція «Генерація заявок» забезпечує генерацію заявок на основі введених користувачем даних. Функція «Передача даних» здійснює передачу даних та маркера на основі розрахованих констант. Функція «Оцінка стану моделі, створення відгуків» розраховує відгуки на даний момент часу та перевіряє внесені користувачем налаштування на формі моделювання. Функція «Відображення стану моделі» організовує виведення характеристик мережі та її елементів.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

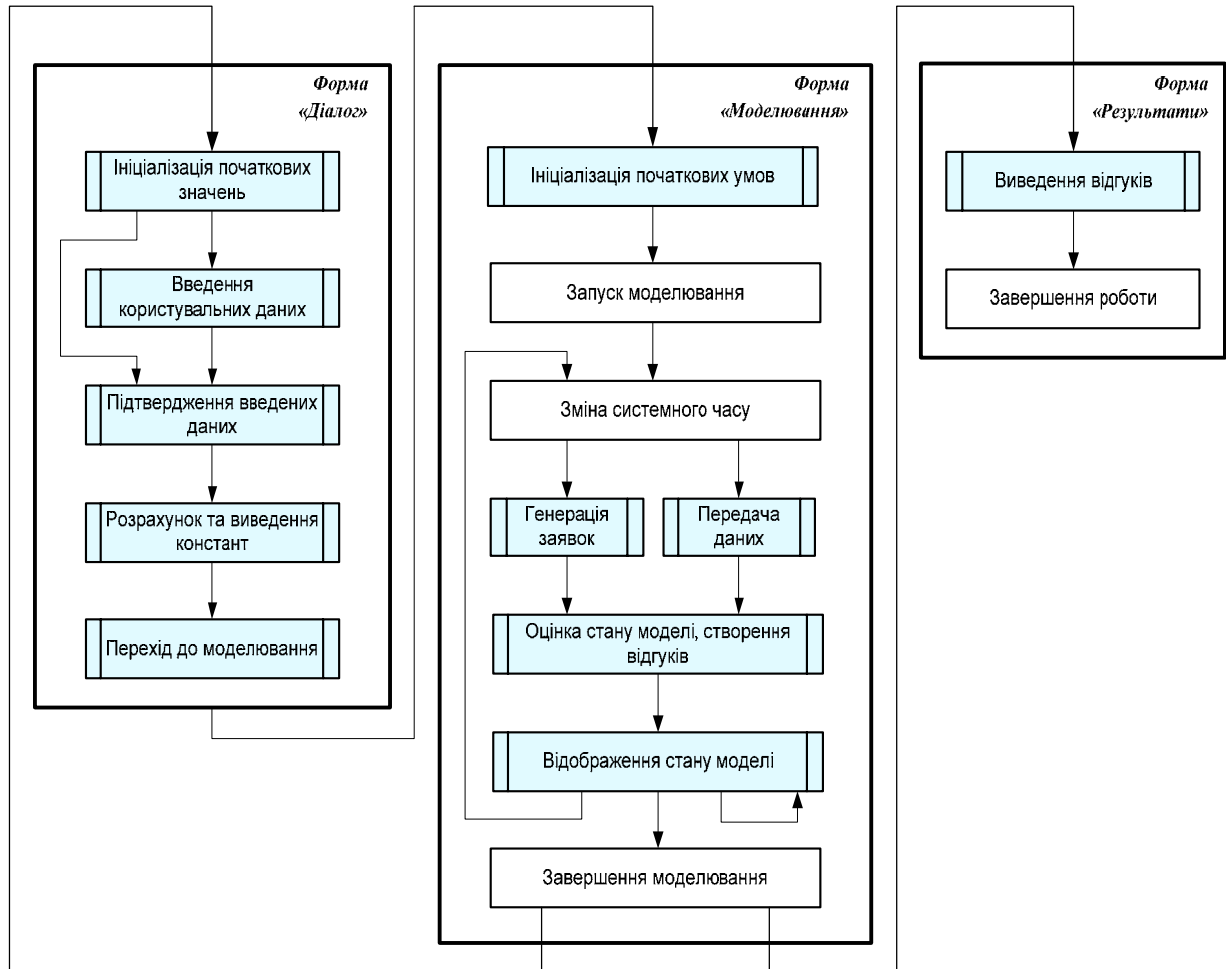


Рис. 2. Структура програмної моделі імітаційної моделі «Token Bus»

Форма «Результати» призначена для виведення вихідних характеристик мережі. Функція «Виведення відгуків» відображає відгуки, що розраховані на момент завершення моделювання. Під час запуску імітаційної моделі «Token Bus» з'являється форма «Діалог». Вона призначена для введення параметрів користувачем для подальшого моделювання роботи мережі. Є можливість ввести такі параметри: швидкість передачі даних (2, 10, 15 або 20 Мбіт/с), кількість робочих станцій мережі (3..20), інтенсивність генерації заявок (50..500 заявок/с), кількість кадрів, які передає станція за час утримання маркера, довжина полів «Адреса отримувача» (АО) та «Адреса відправника» (АВ) (2 або 6 октет), довжина кадру даних (2 676...8 195 октет). Після визначення з конфігурацією мережі користувач підтверджує введення та переходить до наступних даних: вхід-

ний потік, процент появи заявки кожного класу доступу та тип моделі (стійкий стан мережі або з підключенням процедур керування: «Ініціалізація логічного кільця», «Вхід станції в логічне кільце» та «Вихід станції з логічного кільця»). У полі «Константи» значення розраховуються автоматично за формулами

$$THT = \frac{ml}{V}, \quad (1)$$

$$TRT^4 = N \cdot THT + THT, \quad (2)$$

$$TRT^2 = N \cdot THT + 2 \cdot THT, \quad (3)$$

$$TRT^0 = N \cdot THT + 3 \cdot THT, \quad (4)$$

де THT – час утримання маркера станцією мережі для шостого класу доступу; m – кількість кадрів; l – довжина кадру; V – швидкість пере-

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

дачі даних; N – кількість станцій мережі; TRT^4 – час оборту маркера 4-го класу доступу; TRT^2 – час оборту маркера 2-го класу доступу; TRT^0 – час оборту маркера 0-го класу доступу.

Користувач переходить до моделювання. На рис. 3 наведено форму «Діалог» імітаційної моделі «Token Bus» з визначеними параметрами.

Рис. 3. Вхідна форма «Діалог» імітаційної моделі «Token Bus»

Результуючі характеристики: максимальний час очікування заявки в черзі для всіх класів доступу; час реакції та корисна пропускна спроможність мережі (швидкість передачі корисної інформації)

$$C^k = \frac{l^{bd} k}{t_{\text{мод}}}, \quad (5)$$

де C^k – корисна пропускна спроможність мережі; l^{bd} – розмір блоку даних; k – кількість переданих кадрів; $t_{\text{мод}}$ – час моделювання.

Після натиснення кнопки «Моделювання» з'являється однойменна форма, де на графіку можна спостерігати генерацію заявок кожного класу доступу на кожній станції мережі. Нижче

у вікні відображаються події в певні моменти часу. За бажанням користувач може зупинити процес моделювання у вказаній точці: після передачі кадру, після кола (маркер повернувся на станцію), після генерації заявок та у вказаній точці (вказується час). Під час роботи моделі є можливість змінювати інтенсивність генерації заявок окремо на кожній станції мережі.

У лівому нижньому куті вікна користувач може спостерігати рух маркера від станції до станції мережі; час передачі кадрів даних станцією, яка володіє маркером; фактичний час оборту маркера (час оборту маркера, який знімається з таймера на попередньому колі; час завершення попереднього кола та час початку поточного кола). Якщо користувач помилився або хоче змінити початкові параметри, то за допомогою кнопки RESET можна повернутися на форму «Діалог».

Якщо на формі «Діалог» обрати тип моделювання з процедурами керування, то форма «Моделювання» змінить свій вигляд: на ній з'являться три додаткових віконця: «Ініціалізація логічного кільця», «Вхід станції до логічного кільця» та «Вихід станції з логічного кільця». На рис. 4 наведена форма «Моделювання» імітаційної моделі «Token Bus» з використанням процедур керування.

Натиснувши кнопку «Результати» з'являється відповідна форма, яка відображає такі характеристики мережі: максимальний час очікування заявки в черзі для кожного класу доступу, час реакції та корисну пропускну спроможність мережі.

Виходячи з результатів моделювання, можна отримати залежності максимального часу очікування заявки в черзі для різних класів доступу (6, 4, 2 і 0), часу реакції та корисної пропускної спроможності мережі від швидкості передачі даних, кількості станцій мережі, інтенсивності генерації заявок, кількості кадрів, що передаються за час утримання маркера, довжини кадру.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

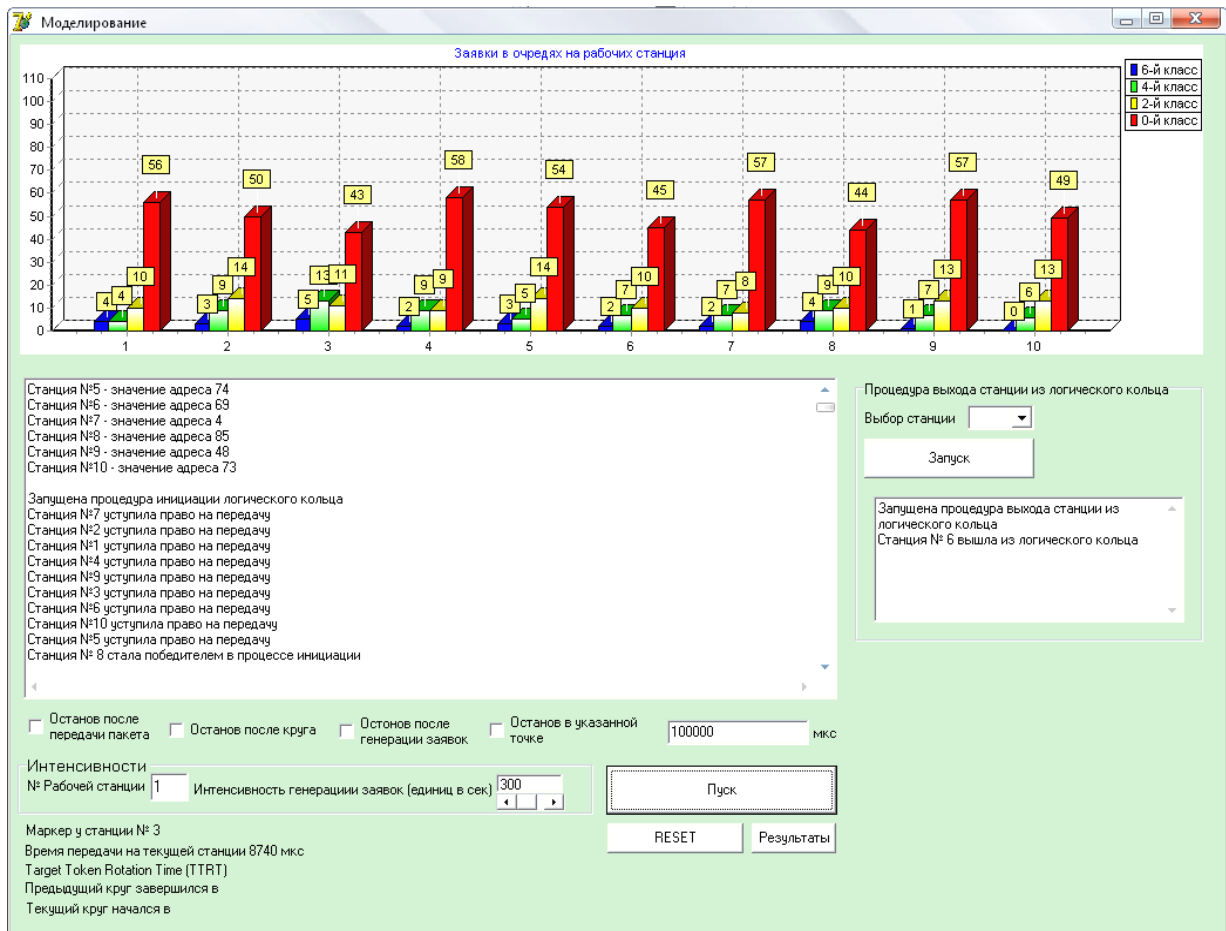


Рис. 4. Форма «Моделирования» імітаційної моделі «Token Bus» з використанням процедур керування

Наукова новизна та практична значимість

Запропоновано методику імітаційного моделювання локальної мережі, яка відображає її роботу як у стійкому стані, так і з використанням процедур керування та механізму призначення й обробки пріоритетів, для визначення відповідних характеристик мережі в системах реального часу на залізничному транспорті.

Висновки

1. Для дослідження характеристик локальної мережі з використанням маркерного методу доступу запропоновано методику імітаційного моделювання мережі, що відображає її роботу як у стійкому стані, так і із застосуванням механізму призначення й обробки пріоритетів, а також процедур керування: ініціації логічного кільця, входу та виходу станції мережі з логічного кільця.

2. Розроблено в Delphi модифіковану імітаційну модель локальної мережі «Token Bus», вхідні параметри якої: швидкість передачі даних, кількість робочих станцій локальної мережі, інтенсивність генерації заявок, кількість кадрів, що передаються за час утримання маркера, довжина кадру даних; результуючі характеристики: максимальний час очікування заявки в черзі для класів доступу 6, 4, 2 та 0, час реакції та корисна пропускна спроможність мережі. На основі даних імітаційного моделювання можна одержати відповідні залежності.

3. На підставі результатів імітаційного моделювання можливо надати відповідні рекомендації щодо модернізації існуючих та впровадження нових комп'ютерних мереж у системах реального часу на залізничному транспорті.

4. Розроблена модифікована імітаційна модель локальної мережі може бути використана як демонстраційна в навчальному процесі з дисципліни «Комп'ютерні мережі».

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Андерсон, К. Локальные сети. Полное руководство / К. Андерсон, М. Минаси. – СПб. : КОРОНА принт, 1999. – 626 с.
- Берри, Н. Компьютерные сети / Н. Берри. – М. : БИНОМ, 1996. – 400 с.
- Бутаев, М. М. Моделирование сетей ЭВМ / М. М. Бутаев, Н. Н. Коннов. – Пенза : Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2007. – 56 с.
- ГОСТ 34.913.4-91. Информационная технология. Локальные вычислительные сети. Метод маркерного доступа к шине и спецификация физического уровня. – Введ. 1992-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 303 с.
- Кулаков, Ю. А. Компьютерные сети / Ю. А. Кулаков, С. В. Омелянский. – К. : Юниор, 1999. – 544 с.
- Марк, А. Высокопроизводительные сети. Энциклопедия пользователя / А. Марк. – К. : ДиаСофт, 1998. – 432 с.
- Новиков, Ю. В. Локальные сети: архитектура, алгоритмы, проектирование / Ю. В. Новиков, С. В. Кондратенко. – М. : ЭКОМ, 2000. – 312 с.
- Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2001. – 672 с.
- Пахомова, В. М. Удосконалення технології роботи систем управління сортувальним процесом на основі раціональної організації інформаційних потоків на станціях : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Пахомова Вікторія Миколаївна ; Дніпропетр. держ. техн. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2000. – 20 с.
- Пахомова, В. Н. Анализ локальных вычислительных сетей сортировочных станций на основе имитационной модели TOKEN RING / В. Н. Пахомова, А. А. Прудко // Транспорт : сб. науч. пр. – Д., 2002. – Вип. 12. – С. 131–136.
- Пахомова, В. М. Обробка класів доступу за маркерним методом доступу до шини в мережах систем реального часу на сортувальних станціях / Інформ.-керуючі системи на залізн. транспорті. – 2013. – № 3. – С. 65–70.
- Пахомова, В. М. Методика побудови раціональної структури мережі підприємства за допомогою імітаційних моделей / В. М. Пахомова // Наука та прогрес трансп. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2013. – Вип. 3 (45). – С. 94–102.
- Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – СПб. : Питер, 2007. – 992 с.
- Техническое задание на автоматизированную систему управления расформированием составов на сортировочной станции : научн.-техн. отчет 99.01. / рук. Е. М. Шафит. – Д., 2000. – 179 с.
- Saltzer, J. H. A star-shaped ring with high maintainability / J. H. Saltzer, K. T. Pogran. – Proc. of the Local Area Communications Network Symposium. – Boston, 1979. – P. 179–189.
- Thurber, K. J. The many faces of local networking / K. J. Thurber, H. A. Freeman // Data Communications. – 1981. – P. 62–70.

В. Н. ПАХОМОВА^{1*}, Л. В. СТРИБУЛЕВИЧ^{1*}

^{1*}Каф. «Электронные вычислительные машины», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373 15 89, эл. почта viknik.p1988@mail.ru

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ МАРКЕРНОМ МЕТОДЕ ДОСТУПА К ШИНЕ

Цель. Для исследования характеристик локальной сети при маркерном методе доступа к шине разработана ее модифицированная имитационная модель. **Методика.** Определение характеристик сети осуществляется на разработанной имитационной модели, в основу которой положены диаграммы состояний канального уровня станции сети с механизмом обработки приоритетов как в устойчивом состоянии, так и при выполнении управляющих процедур: инициации логического кольца, входе и выходе станции сети с логического кольца. **Результаты.** Разработана имитационная модель, на основе которой можно получить зависимости максимального времени ожидания заявки в очереди для разных классов доступа, времени реакции и полезной пропускной способности сети от скорости передачи данных, числа станций сети, интенсивности генерации заявок, количества кадров, передаваемых за время удержания маркера, длины кадра. **Научная новизна.** Предложена методика имитационного моделирования локальной сети, отражающая ее работу как в устойчивом состоянии, так и при выполнении управляющих процедур, механизма назначения и

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

обработки приоритетов. **Практическая значимость.** Определение характеристик сети в системах реального времени на железнодорожном транспорте на основе разработанной имитационной модели.

Ключевые слова: маркерный метод доступа к шине; назначение приоритетов; классы доступа; управляющие процедуры

V. N. PAKHOMOVA^{1*}, L.V. STRIBULEVICH^{1*}

^{1*}Dep. «Electronic Computing Machines», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 373 15 89, e-mail viknik.p1988@mail.ru

MODIFIED NETWORK SIMULATION MODEL WITH TOKEN METHOD OF BUS ACCESS

Purpose. To study the characteristics of the local network with the marker method of access to the bus its modified simulation model was developed. **Methodology.** Defining characteristics of the network is carried out on the developed simulation model, which is based on the state diagram-layer network station with the mechanism of processing priorities, both in steady state and in the performance of control procedures: the initiation of a logical ring, the entrance and exit of the station network with a logical ring. **Findings.** A simulation model, on the basis of which can be obtained the dependencies of the application the maximum waiting time in the queue for different classes of access, and the reaction time usable bandwidth on the data rate, the number of network stations, the generation rate applications, the number of frames transmitted per token holding time, frame length was developed. **Originality.** The technique of network simulation reflecting its work in the steady condition and during the control procedures, the mechanism of priority ranking and handling was proposed. **Practical value.** Defining network characteristics in the real-time systems on railway transport based on the developed simulation model.

Keywords: marker bus access method; priority ranking; access classes; control procedures

REFERENCES

1. Anderson K., Minasi M. *Lokalnyye seti. Polnoye rukovodstvo* [Local networks. Complete guide]. Saint Petersburg, KORONA print Publ., 1999. 626 p.
2. Berri N. *Kompyuternyye seti* [Computer networks]. Moscow, BINOM Publ., 1996. 400 p.
3. Butayev M.M., Konnov N.N. *Modelirovaniye setey EVM* [Electronic computer network modeling]. Penza, Izd-vo Penzenskogo gos. un-ta Publ., 2007. 56 p.
4. *GOST 34.913.4-91. Lokalnyye vychislitelnyye seti. Metod markernogo dostupa k shine i spetsifikatsiya fizicheskogo urovnya* [State Standard 34.913.4-91. Local area networks. Token method of bus access and the physical level specification]. Mocsow, Standartinform Publ., 1992. 303 p.
5. Kulakov Yu.A., Omelyanskiy S.V. *Kompyuternyye seti* [Computer networks]. Kyiv, Yunior Publ., 1999. 544 p.
6. Mark A. *Vysokoproizvoditelnyye seti. Entsiklopediya polzovatelya* [High performance networks. User encyclopedia]. Kyiv, DiaSoft Publ., 1998. 432 p.
7. Novikov Yu.V, Kondratenko S.V. *Lokalnyye seti: arkhitektura, algoritmy, proyektirovaniye* [Local networks. Architecture, algorithm, designing]. Moscow, EKOM Publ., 2000. 312 p.
8. Olifer V.G., Olifer N.A. *Kompyuternyye seti. Printsipy, tekhnologii, protokoly* [Computer networks. Principles, technologies, protocols]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2001. 672 p.
9. Pakhomova V.M. *Udoskonalennia tekhnologii roboty system upravlinnia sortovalnym protsesom na osnovi ratsionalnoi orhanizatsii informatsiinykh potokiv na stantsiiakh*. Avtoreferat. Diss. [Technology improvement of the control system operation of sorting process based on the rational organization of data flows at stations. Author's abstract.]. Dnipropetrovsk, 2000. 20 p.
10. Pakhomova V.N., Prudko A.A. Analiz lokalnykh vychislitelnykh setey sortirovochnykh stantsiy na osnove imitatsionnoy modeli TOKEN RING [Local area network analysis of sorting stations on the basis of simulation model TOKEN RING]. *Transport* [Transport], 2002, issue 12, pp. 131-136.
11. Pakhomova V.M. Obrobka klasiv dostupu za markernym metodom dostupu do shyny v merezhakh system realnoho chasu na sortovalnykh stantsiiakh [Handling of access classes according to marker method of access to the bus in the real-time networks on the sorting stations]. *Informatsiino-keruichi systemy na*

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

- zaliznychnomomu transporti – Information and control systems on the railway transport*, 2013, no. 3, pp. 65-70.
12. Pakhomova V.M. Metodyka pobudovy ratsionalnoi struktury merezhi pidpriemstva za dopomohoiu imitatsiinykh modelei [Methodology of constructing of the enterprise network rational structure using the simulation model]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 2013, no. 3 (45), pp. 94-102.
 13. Tanenbaum E. *Kompyuternyye seti* [Computer networks]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2007. 992 p.
 14. Shafit Ye.M. *Tekhnicheskoye zadaniye na avtomatizirovannuyu sistemu upravleniya rasformirovaniyem sostavov na sortirovochnoy stantsii* [Technical specifications for the automated control system of train splitting on the sorting stations]. Dnipropetrovsk, 2000. 179 p.
 15. Saltzer J.H., Pogran K.T. A star-shaped ring with high maintainability. Proc. of the Local Area Communications Network Symposium. Boston, 1979, pp. 179-189.
 16. Thurber K.J., Freeman H.A. The many faces of local networking. *Data Communications*, 1981, pp. 62-70.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В. В. Гнатушенком (Україна); д.т.н., проф. І. В. Жуковським (Україна)

Надійшла до редколегії 04.06.2013.

Прийнята до друку 08.08.2013.