

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРІОРИТЕТНОГО ПІДХОДУ В ДОСТУПІ ДО ФІЗИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА НА MAC-ПІДРІВНІ

© Леонтєва О., Обельовська К., 2005

Розроблено систему імітаційного моделювання множинного доступу з прослуховуванням несучої та виявленням колізій і корекцією вихідних потоків станцій залежно від їхніх пріоритетів та завантаженості мережі.

The simulation model for the investigation of the carrier sense multiple access/collision detection method with priority-based network traffic correction is offered.

Вступ

Відомі різні методи доступу до фізичного середовища на підрівні MAC (Media Access Control) архітектури комп'ютерних мереж, проте найпоширенішим сьогодні залишається множинний метод доступу з прослуховуванням несучої та виявленням колізій (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection). Метод CSMA/CD забезпечує мережі високоякісні експлуатаційні характеристики за умови, що інтенсивність обміну між станціями невелика. Під час зростання трафіка в мережі зростає кількість випадків, коли перед передаванням кадр має очікувати на звільнення середовища, що зайняте передаванням кадрів інших станцій. Зростає і кількість колізій, оскільки підвищується ймовірність одночасного передавання кадрів. Все це суттєво погіршує часові характеристики підрівня MAC [1], покращання яких можливе за рахунок присвоєння станціям мережі пріоритетів та управління на цій основі вихідними потоками станцій.

Приклади пріоритетного підходу, які використовують за множинним методом доступу з прослуховуванням несучої та виявленням колізій, запропоновано у [2, 3]. У [2] ефективність управління інформаційним трафіком у комп'ютерних корпоративних мережах АСУ підвищується завдяки модифікації фази обробки колізій. Розраховуючи час затримки, враховують пріоритет станції, кадр якої потрапив до колізії. У [3] за відсутності перевантажень у мережі всі станції працюють у класичному режимі за методом доступу CSMA/CD. Якщо мережа перевантажена, станції з нижчим пріоритетом, що мають кадри для передавання, деякий час не мають права їх передавати. Так коригують (притримують) вихідні потоки підрівня MAC частини станцій. Станції з вищим пріоритетом продовжують працювати в класичному режимі і під час перевантажень. Мета статті – вивчення можливостей пріоритетного підходу, що базується на коригуванні вихідних потоків станцій. Як метод дослідження обрано імітаційне моделювання.

Імітаційна модель для дослідження пріоритетного підходу

Імітаційне моделювання широко застосовують для дослідження комп'ютерних мереж різних класів, оскільки дає можливість оцінити роботу мережі в широкому діапазоні змін параметрів та ще на стадії проектування отримати оцінку досліджуваних характеристик. Особливістю цієї моделі є те, що вона імітує роботу MAC-підрівня мережі лише в екстремальних умовах його роботи. Тобто, моделюють роботу в коротких інтервалах часу, в яких спостерігали перевантаження. Таке рішення прийнято тому, що завданням дослідження було виробити механізми, які б покращили роботу мережі під час її перевантажень, причиною яких є тимчасове підвищення інтенсивності вхідних потоків. Створення моделі тільки для вивчення перевантажень дає можливість глибше проаналізувати причини перевантажень та способи їх усунення, ніж коли б ця проблема розглядалась на загальному фоні роботи мережі.

Модель відтворює роботу мережі у двох режимах: без пріоритетів та з ними. Моделювання в режимах без пріоритетів та з пріоритетами здійснюється за однакових вихідних потоків станцій мережі (вхідних потоків мережі), що дає можливість порівняти результати обох експериментів і оцінити ефект, досягнутий за рахунок введення пріоритетів, методу коригування вихідних потоків MAC-підрівня та параметрів коригування.

Спрощену блок-схему алгоритму імітаційного моделювання роботи підрівня MAC для дослідження впливу пріоритетів на ефективність його функціонування показано на рис. 1. Вона передбачає поділ станцій за пріоритетами тільки на дві категорії, хоча їх кількість може бути збільшена.

На початку роботи програми параметри мережі налаштовуються за замовчуванням. Потім за бажанням користувача початкові параметри можна змінити за допомогою меню програми. Серед параметрів задають і час роботи мережі.

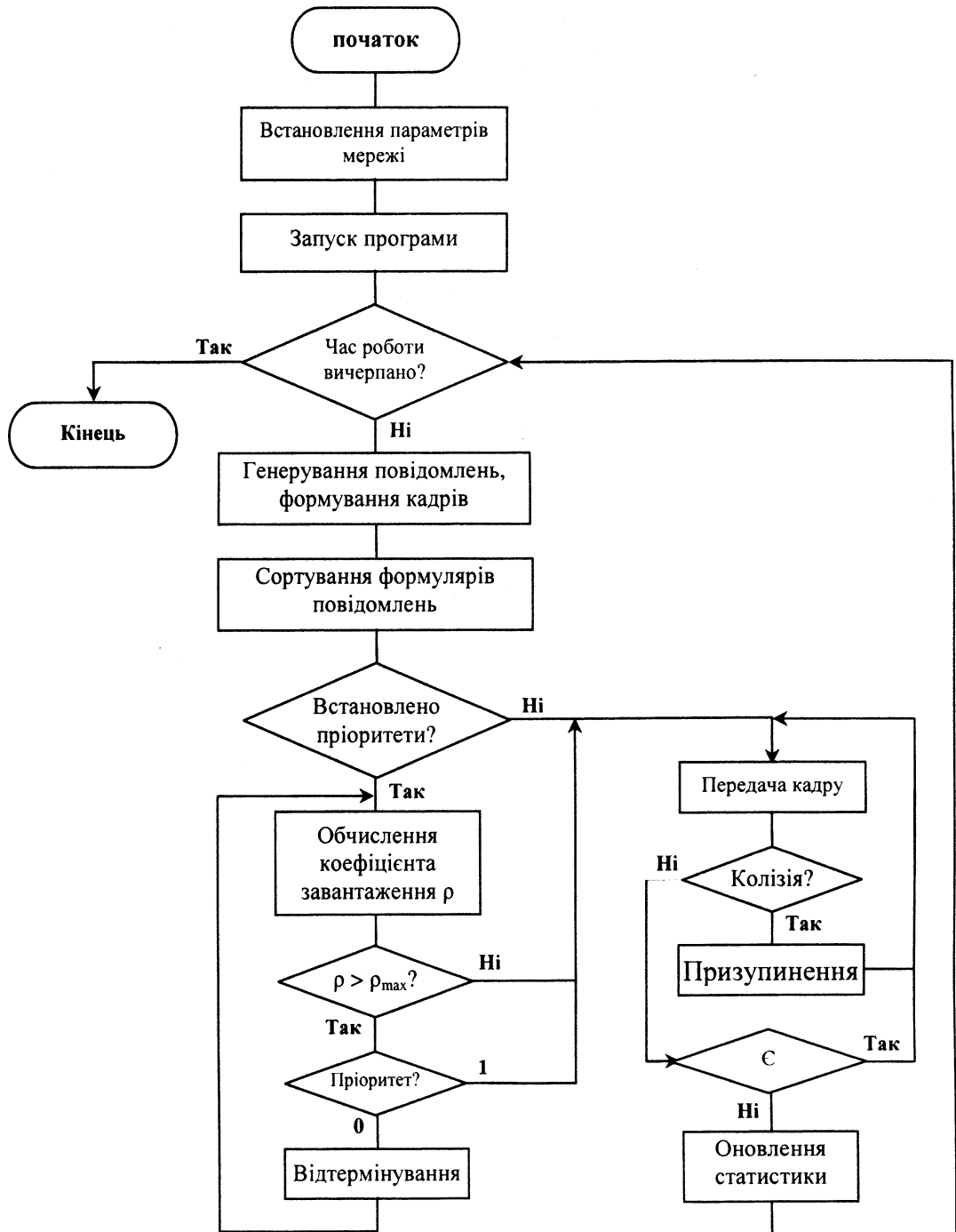


Рис. 1. Блок-схема спрощеного алгоритму імітаційного моделювання роботи мережі

Модель використовує два об'єкти для опису роботи станції: TComp та TProcess. Об'єкт TComp є описом конфігурації станції і містить: номер станції; довжину сегмента; пріоритет; змінну, яка є ознакою, чи станція не передає даних; змінну, яка фіксує кількість колізій, в які потрапляли кадри станції; об'єм згенерованих та переданих даних. Об'єкт TProcess є записом формуляра повідомлення станції. Формуляр повідомлення описують такими параметрами: адреси станції-джерела та станції-приймача; час відправлення повідомлення; кількість кадрів в повідомленні; кількість потраплянь кадру в колізії.

Процедура Sort_by_Time сортує формуляри повідомлень за критерієм часу відправлення. Якщо серед відсортованих формулярів є такий, в якому час відправлення кадру будь-якою станцією збігається зі значенням таймера, то програма імітує передавання цього кадру в мережу. Функція *Kollision* перевіряє, чи час відправлення кадру цієї станцією збігається з часом відправлення кадрів іншими станціями, тобто, чи не намагаються декілька станцій відправити свої кадри одночасно. Крім того, для виникнення колізії не обов'язково, щоб декілька станцій почали передавання одночасно, така ситуація мало ймовірна. Найвірогідніше кадри i -ї та j -ї станцій потраплять у колізію, якщо, наприклад, i -й вузол починає передавання дещо раніше ніж j -й вузол, а сигнали i -го вузла не встигають дійти до j -го вузла до того часу, коли він починає передавати свій кадр. Час Δt , протягом якого блок даних l_6 кадру i -ї станції встигає дійти до j -ї, визначають за формулою:

$$\Delta t = \frac{l_6}{C} + T_c \cdot L + t_3,$$

де l_6 – довжина блока даних, біт, C – пропускна спроможність мережі, біт/с, T_c – час поширення сигналу фізичним середовищем, L – довжина сегментів між двома вузлами; t_3 – час затримки кадру в концентраторах. Функція *Kollision* враховує значення Δt для кожної пари станцій, визначаючи, чи не відбулась колізія. Якщо колізія відбулась, то процедура *Analiz_koliz* визначає, кадри яких станцій потрапили в колізію, чи потрапляння даних кадрів в колізію є першим, чи повторним.

Залежно від кількості потраплянь в колізію кадру, який станція намагалась передати, функція *Pause* визначає розмір випадкового часу затримки, після якої станція знову спробує передати кадр до мережі. Вхідним параметром функції *Pause* є кількість потраплянь кадру в колізії, від значення якого залежить розмір випадкового часу затримки; цей час розраховують за алгоритмом, наведеним у [1] з врахуванням значення бітового інтервалу. Якщо кадр потрапляв в колізії більше 16 разів, то передавач припиняє спроби його передавання.

Прикладами параметрів, залежно від яких за допомогою імітаційної моделі можна дослідити ефективність пріоритетного підходу в множинному методі доступу з прослуховуванням несучої та виявленням колізій, є:

- відсоток кількості станцій з вищим пріоритетом (наприклад, 10 %, 30 %, 50 % та 70 %) від загальної кількості станцій;
- інтервал часу, на який призупиняється передавання кадрів станціями з нижчим пріоритетом, за умови, що в мережі існує перевантаження;
- коефіцієнт завантаження мережі, за якого призупиняється передавання кадрів станціями з нижчим пріоритетом;
- допустимий рівень колізій, за якого призупиняється робота станції з нижчим пріоритетом незалежно від інших станцій, якщо її рівень колізій перевищує допустимий;
- довжина сегментів;
- інтенсивність вхідних потоків та інше.

Для оцінки ефективності варіантів рішень, що досліджували, введено поняття:

- згенерованого трафіка;
- реального трафіка;
- допустимого рівня колізій.

Під згенерованим трафіком (позначимо його через T_3) розуміємо трафік, згенерований MAC-підрівнями всіх станцій мережі за певний час роботи мережі – ΔT . За умов вільного фізичного

середовища та відсутності колізій під час передавання згенерований трафік був би переданий мережею повністю. Під реальним трафіком (позначимо його через T_p) розуміємо ту частину згенерованого трафіка, яка реально буде передана мережею за час ΔT . При цьому враховують потрапляння кадрів в колізії та очікування на звільнення каналу. Кадри, що не встигли передатись за час ΔT , розглядаються під час імітації роботи мережі в наступному інтервалі.

Під допустимим рівнем колізій розуміємо загальну кількість колізій в мережі під час її перевантаження за певний інтервал часу T_k . Якщо в мережі використовували цей критерій, то відтермінували передавання кадрів лише тих станцій з нижчим пріоритетом, для кожної з яких кількість колізій протягом наступного аналогічного інтервалу T_k перевищувала допустимий рівень колізій.

Дослідження пріоритетного підходу в множинному методі доступу з прослуховуванням несучої та виявленням колізій проводилось для двох випадків. У випадку перевантажень у мережі:

- коригуються вихідні потоки всіх низькопріоритетних станцій, а критерієм для використання механізму коригування є коефіцієнт завантаження мережі ρ ;
- коригуються вихідні потоки тільки тих низькопріоритетних станцій, рівень колізій яких перевищив допустиме значення.

Визначаючи коефіцієнт завантаження, програма слідкує, чи його поточне значення не перевищило заданого допустимого значення ρ_{max} . Якщо критерієм для коригування вихідних потоків є коефіцієнт завантаження, то при $\rho > \rho_{max}$ станції з 0-м пріоритетом відтермінують передавання своїх кадрів на визначений час, а станції з 1-м пріоритетом продовжують роботу в звичайному режимі. Програма дозволяє дослідити, як при цьому на роботу MAC-підрівня впливає:

- співвідношення між кількістю станцій з нижчим та вищим пріоритетами;
- значення коефіцієнта ρ_{max} ;
- інтервал часу, на який відтермінується передавання кадрів станцій з нижчим пріоритетом.

Якщо в мережі контролюється допустимий рівень колізій, то станції з 0-м пріоритетом продовжують працювати в звичайному режимі доти, поки рівень колізій, в які потрапили їхні кадри, не перевищить допустимого значення. Станція, в якій цей рівень перевищений, відтермінує передавання своїх кадрів на певний час.

Різниця між двома розглянутими випадками полягає у тому, що в першому випадку від'єднуються всі станції з 0-м пріоритетом у разі перевищення коефіцієнта завантаження мережі, а в другому – лише ті станції з 0-м пріоритетом, для яких перевищено допустимий рівень колізій.

На рис. 2–4 показано приклади результатів імітаційного моделювання. Зауважимо, що всі вони стосуються екстремальних умов роботи мережі, тобто інтервалів, на яких виникало перевантаження. Пояснюється це тим, що метою моделювання було дослідити ефективність пріоритетного підходу до методу множинного доступу з прослуховуванням несучої та виявленням колізій та виробити рекомендації щодо застосування.

На рис. 2 показано залежність кількості колізій від відносної різниці між згенерованим та реальним трафіками для мережі, до якої під'єднано 10 станцій. За стовпцями змінюється час відтермінування відправлення кадрів, за рядками – відсоток станцій з вищим пріоритетом відносно їх загальної кількості. Криві 1 ілюструють роботу мережі в класичному режимі, криві 2 – із застосуванням пріоритетів. Критерієм для відтермінування передавання кадрів є допустимий рівень колізій. Наведені результати показують, що максимального зменшення колізій досягнуто, коли кількість станцій з вищим пріоритетом – 10%. Кількість колізій зростає зі зростанням відсотка станцій з вищим пріоритетом і практично не залежить від значення інтервалу призупинення від 30 до 100 мс.

На рис. 3 показано, як зменшилась кількість колізій за рахунок введення пріоритетів за умови, що критерієм для використання механізму відтермінування є коефіцієнт завантаження мережі. Криві 1 та 2 відображають кількість колізій під час роботи мережі відповідно в класичному режимі та у випадку застосування пріоритетів. У рядках вказано, як змінюється час відтермінування відправлення кадрів. Кількість під'єднаних до мережі станцій – 10, кількість станцій з вищим пріоритетом – 10 %.

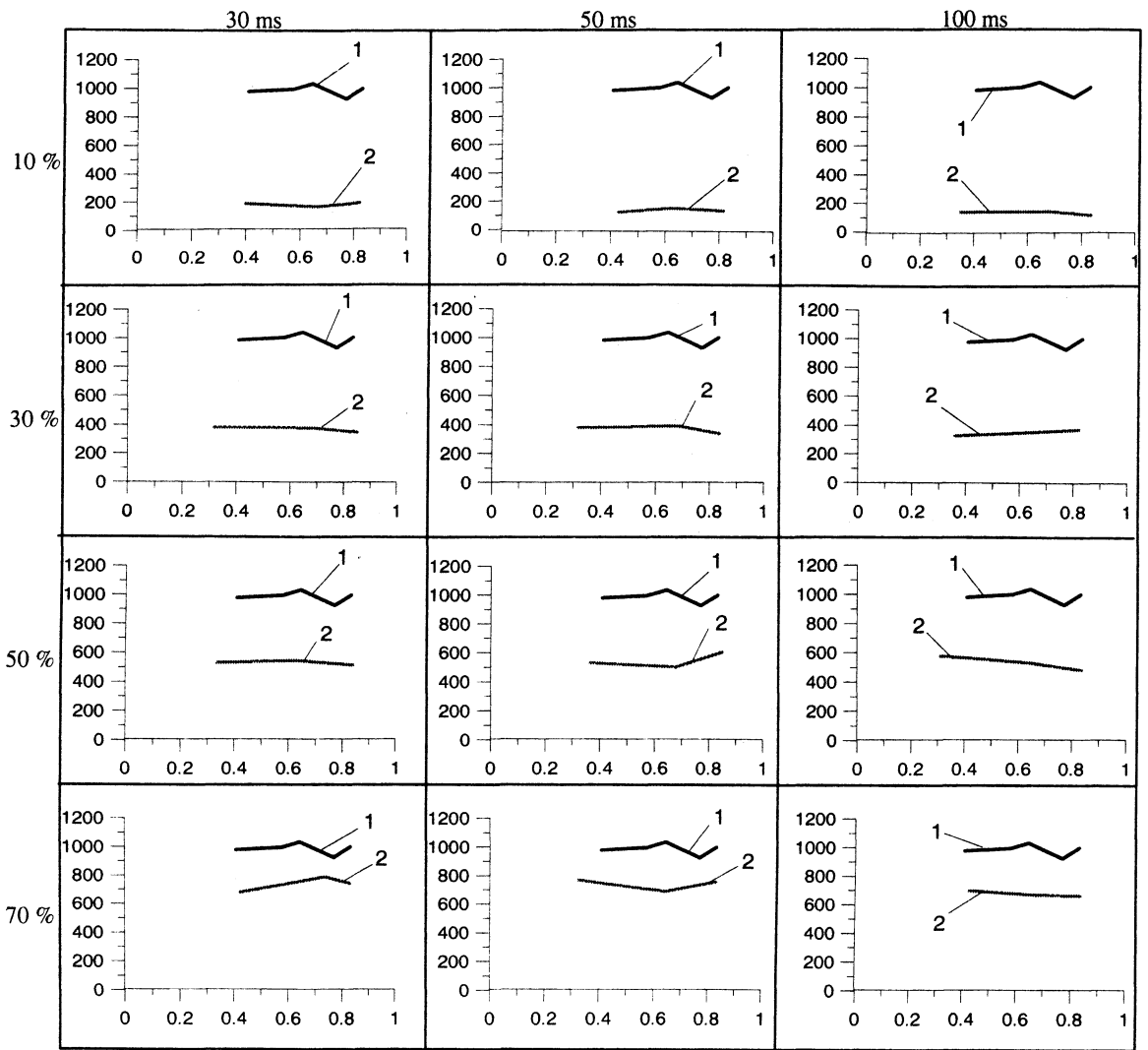


Рис. 2. Залежність кількості колізій від відносної різниці між згенерованим та реальним трафіками мережі

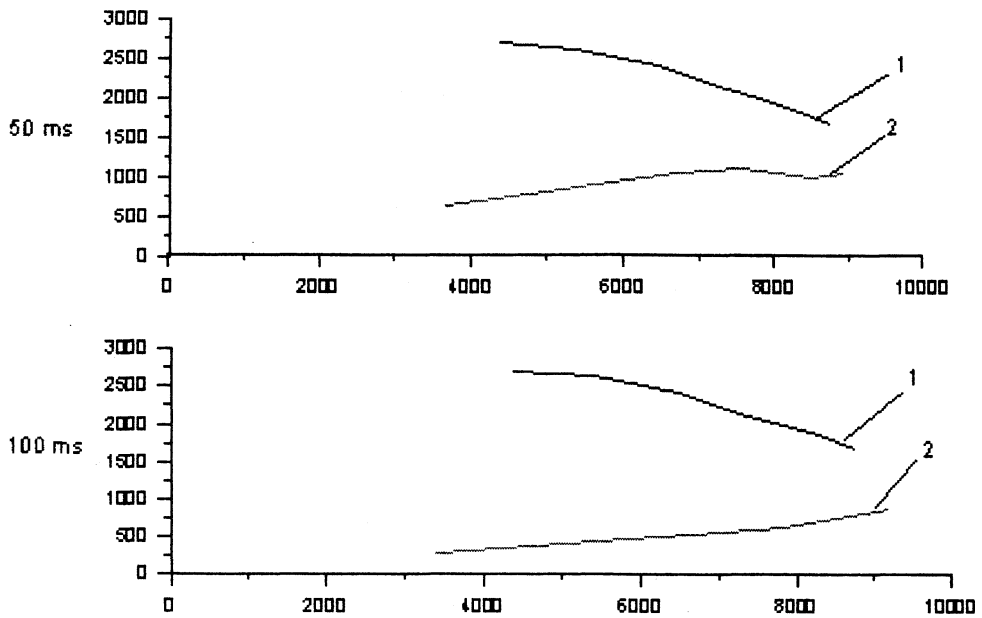


Рис. 3. Залежність кількості колізій від реального трафіка, Кбіт/с

Обидва рисунки демонструють зменшення колізій за умови введення пріоритетів та коригування вихідних потоків станцій. Оскільки кожна колізія вимагає повторного передавання кадрів, то зменшення колізій покращує експлуатаційні характеристики мережі.

На рис. 4 показано приріст реального трафіка залежно від згенерованого для випадку, коли критерієм введення механізму коригування вихідних потоків є допустимий рівень колізій. Згенерований трафік на рисунку показано як частину від максимально можливого (10 Мбіт/с). Кількість станцій мережі дорівнює 30, серед них 10% мають вищий пріоритет, а час відтермінування становить 30 та 50 мс.

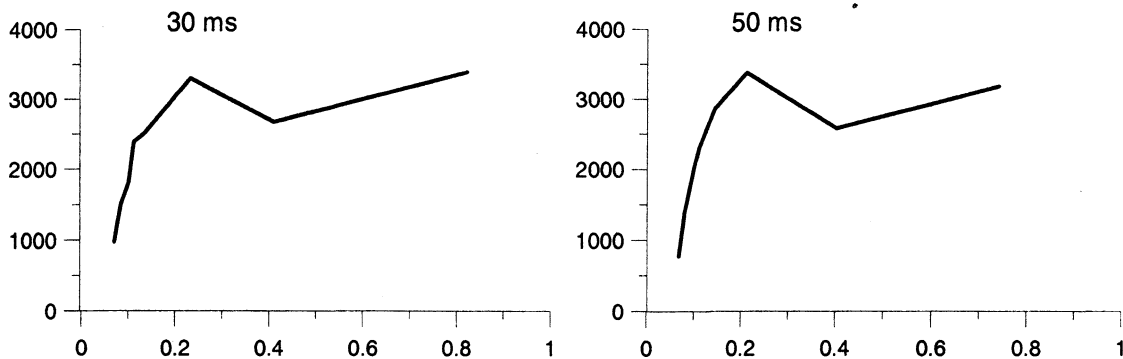


Рис. 4. Залежність приросту реального трафіку від згенерованого

Висновки

Розроблено імітаційну модель MAC-підрівня, що реалізує множинний метод доступу з прослуховуванням та виявленням колізій, для дослідження пріоритетного підходу за умови перевантаження мережі.

Аналіз результатів моделювання показав, що введення пріоритетів і відтермінування під час перевантаження мережі передавання кадрів станціями з нижчим пріоритетом є виправданим і результативним. При цьому кращих результатів досягають, якщо кількість станцій з вищим пріоритетом не перевищує 50% від загального числа станцій.

Дослідження показали, що у більшості випадків кращих результатів досягають, якщо як критерій для коригування вихідних потоків використовувати не коефіцієнт завантаження мережі, а допустимий рівень колізій та відтермінувати передавання кадрів не всіх станцій з нижчим пріоритетом, а тільки тих, для яких було перевищено допустимий рівень колізій.

1. *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 2-е изд.* / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб: Издательство "Питер", 2003. – 864 с. 2. Бадр Яароб. *Підвищення ефективності управління інформаційним трафіком у комп'ютерних корпоративних мережах АСУ. Автореф. дис. ... канд. техн. наук.* – Одеса, 2004. 3. Обельовська К., Марусенкова Т. *Метод множинного доступу до фізичного середовища з коригуванням розподілу вихідних потоків станцій.* "8-th International Modelling School of AMSE-UAPL. Ukraine-Crimea, Alushta", 2004.