

УДК 621.39

В.В. Гнатушенко, Данладі Алі, О.І. Михальов

## **ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ GPRS-МЕРЕЖІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ**

*Розроблено імітаційну модель мобільного зв'язку та проведені дослідження процесів передачі сигналу при використанні однієї та кількох мобільних станцій.*

*МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК, БАЗОВА СТАНЦІЯ, GPRS-МЕРЕЖА, КАНАЛ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ТРАФІК.*

### **Постановка проблеми**

Швидкий прогрес телекомунікаційних технологій дозволив значно збільшити продуктивність і пропускну спроможність усіх видів мереж і створити багато нових видів послуг. Різко підвищився попит на надання інтегральних послуг (передача мови, даних, зображень, мультимедійної інформації) у рамках однієї мультисервісної мережі зв'язку. Нині спостерігається глобалізація усіх процесів. З'явилися глобальні телекомунікаційні мережі, в яких число абонентів досягає сотні тисяч. У зв'язку з цим важливим завданням є визначення повного навантаження на сервера в таких системах і дослідження властивостей трафіка.

### **Аналіз останніх досліджень**

З розвитком технологій змінилася і сама структура процесів, що відбуваються в телекомунікаційних мережах. Були виявлені нові властивості трафіку: наявність самоподібної природи і довготривалої залежності досліджуваного процесу [1]. Але слід зазначити, що самоподібність трафіку спостерігається лише в певному діапазоні часових шкал і є підстави вважати, що трафік має більш складну структуру. Тобто трафік є неоднорідним, що відбувається внаслідок того, що в одному фізичному каналі є присутньою величезна кількість інформації, різної за своєю природою [2].

### **Формулювання цілей статті (постановка завдання)**

Ціль роботи полягає у розробці імітаційної моделі GPRS-мережі та дослідженні процесів управління трафіком і мобільністю абонентів.

---

© Гнатушенко В.В., Алі Данладі, Михальов О.І., 2012

### Основна частина

Можливості фізичного моделювання при аналізі мереж сильно обмежені. Воно дозволяє вирішувати лише окремі завдання при невеликій кількості комбінацій досліджуваних параметрів системи. Зняття, наприклад, статистичних характеристик з різних точок мережі надзвичайно утруднене. Якщо на робочій станції ще можна програмно зняти статистику використання інтерфейсу, то на комутаторі або в оптичній лінії зв'язку це стає практично неможливим. Тому при аналізі й оптимізації мереж у багатьох випадках кращим виявляється використання математичного моделювання. Особливим класом математичних моделей є імітаційні моделі. Такі моделі являють собою комп'ютерну програму, яка хронологічно крок за кроком відтворює події, що відбуваються в реальній системі. При імітаційному моделюванні мережі не потрібно здобувати дороге встаткування, тому що його робота імітується програмами, що досить точно відтворюють його усі основні особливості та параметри. Результатом роботи імітаційної моделі є зібрані в ході прогону моделі статистичні дані про найбільш важливі характеристики мережі: час реакції й затримки, коефіцієнти використання ресурсів мережі, імовірності втрат пакетів і т.п. Усе це дозволяє розглядати мережу не як «чорний ящик», а з погляду інформаційних процесів, що у ній протікають.

У даній роботі використовується система імітаційного моделювання Opnet Modeler, яка орієнтована на мережі зв'язку та дозволяє будувати моделі без програмування. Програма Opnet Modeler пропонує користувачам графічне середовище для створення, виконання й аналізу моделювання мереж зв'язку. Це зручне програмне забезпечення може бути використано для розв'язку багатьох завдань, наприклад, для перевірки протоколів зв'язку, аналізу взаємодій протоколів, оптимізації й планування мережі. Також можливо здійснити за допомогою програми перевірку правильності аналітичних моделей і опис протоколів. Порівняння різних сценаріїв розвитку мережі дозволяє уникнути помилок ще на етапі проектування й знизити витрати на переробку проекту до мінімуму. На підставі зібраних даних можна побачити наявність перевантажених ділянок мережі, які є критичною ланкою у функціонуванні всього мережного сегмента.

Побудуємо імітаційну модель для GPRS-мережі, користуючись OPNET [3]. Основна модель GPRS, подана на рис. 1, включає моделі

для блоків MS, BTS, BSC, SGSN, GGSN, HLR і приймача, які мають типову архітектуру та в даній роботі докладно не розглядаються. В оригінальній основній моделі GPRS ми змінили лише моделі вузлів HLR та SGSN, щоб отримати можливість підтримувати протокол MAP, який заснований на сигналізації між цими двома вузлами. Відповідні моделі цього процесу подано на рис. 2 і 3. Інша частина моделі не змінювалась. Приймач представляє зовнішню мережу передачі даних PDN і, отже, потік даних в цій моделі однонаправлений. Проте, сигнальний потік є двонаправленим. Модель, яка розроблена підтримує тільки шість базових станцій BTS. Є тільки одна базова станція BTS на соту і кожна BTS має область охоплення в діапазоні 15-20 км.

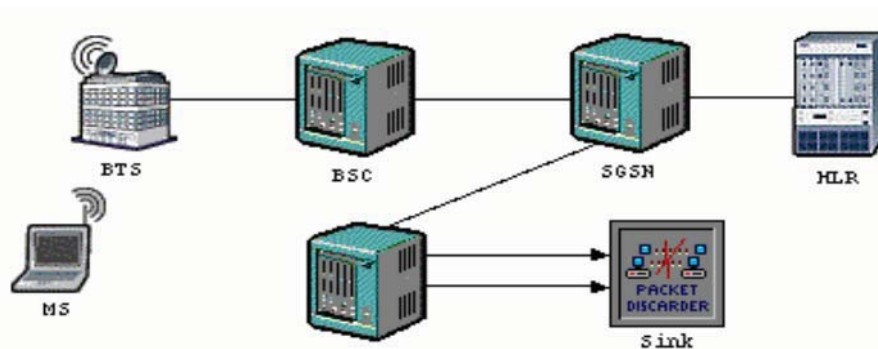


Рис.1. Модель мережі GPRS в програмі OPNET

Як відомо, управління мобільністю в мережі GPRS здійснюється так само, як і в GSM з тою лише різницею, що поряд з поняттям зони місця розташування (ЗМ) тут використовується поняття області маршрутизації (ОМ). При цьому одна ЗМ може містити декілька ОМ, які можна розглядати як пакетні підмережі й у межах яких проводиться пейджінг абонентів GPRS. Обслуговування активного абонента, що здійснює пакетну передачу, при перетинанні їм границь стільника засновано на процедурі визначення місця розташування мобільної станції (MS), яка може бути декількох видів залежно від того, яким обслуговуючим вузлом (ОВ) управляється поточний стільник. Стандартною є процедура відновлення даних про зміну стільника усередині ОМ, коли MS перебуває в режимі готовності. Процес відновлення даних припиняє процес передачі-приймання. При цьому, як правило, інформація копіюється у відповідний буфер ОВ і після поновлення процесу пакетної передачі доставляється абонентові. Однак можлива ситуація, при якій інформація губиться, і тоді її

необхідно передавати заново. Процес відновлення даних про зміну стільника усередині однієї ОМ часто називають перевизначенням стільника.

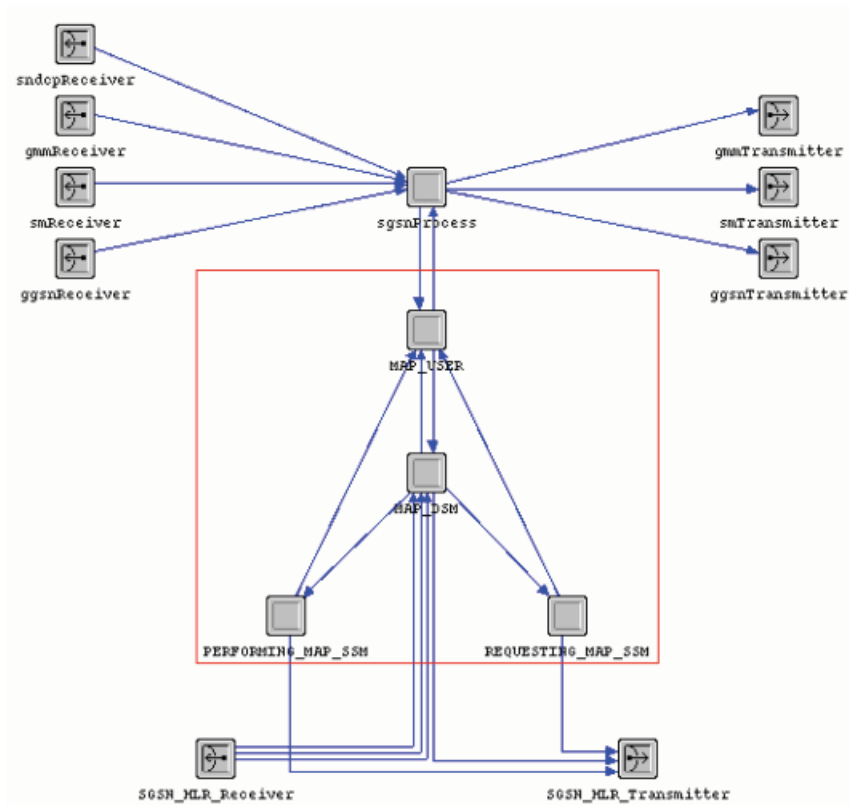


Рис. 2. Модель вузла SGSN

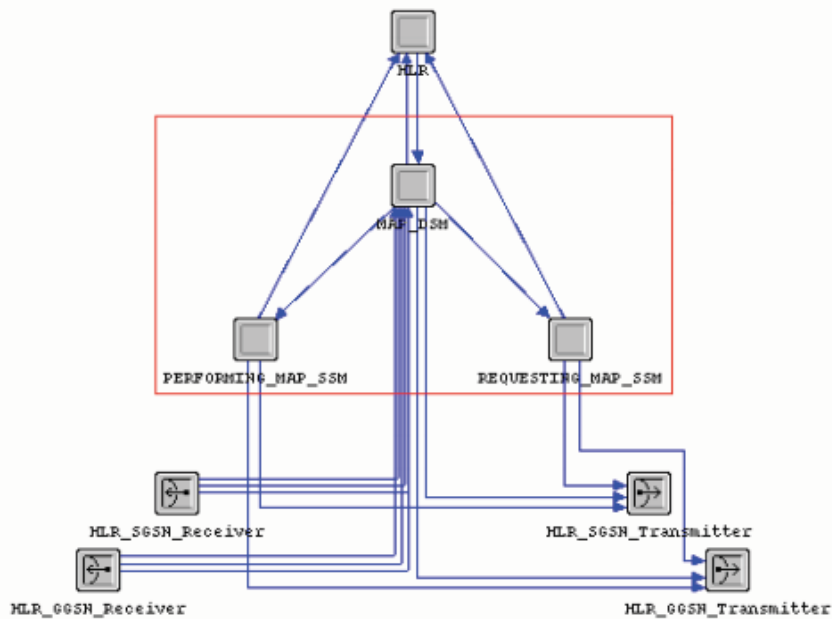


Рис. 3. Модель вузла HLR

При зміні стільників, що перебувають у різних областях маршрутизації, ініціюється процес відновлення даних про ОМ. При цьому обидві ОМ можуть управлятися або одним, або двома різними ОВ. У першому випадку відбувається внутрішнє перевизначення стільника, а в другому — зовнішнє, при якому колишній ОВ передає пакети даних новому ОВ. Процес відновлення даних про зміну ОМ часто називають перевизначенням області маршрутизації.

В роботі розглянуто три сценарія функціонування GPRS-мережі:

1. Підтвердження впливу використання підсистеми базових станцій BSS на наскрізній затримці пакетів. Було змодельовано три різних варіанти:

- одна мобільна станція з'єднана з базовою станцією релейною лінією без використання контролера базових станцій BSC;
- безпроводне з'єднання без контролера базових станцій BSC;
- безпроводне з'єднання з контролером базових станцій BSC.

Затримка передачі наскрізного пакету, призначеного для користувача, від мобільної станції до приймача даних вимірюється завдяки контролю реалізації безпроводного зв'язку і контролера базових станцій BSC. На рис. 4 подано три можливих сценарія затримки передачі наскрізного пакету від MS до приймача. Як і очікувалося, затримка передачі наскрізного пакету даних більша, коли MS була пов'язана з SGSN через BSC, ніж в двох інших сценаріях [3]. В роботі змодельовано два сценарії для перевірки процедури перевизначення стільника (стільникового оновлення).

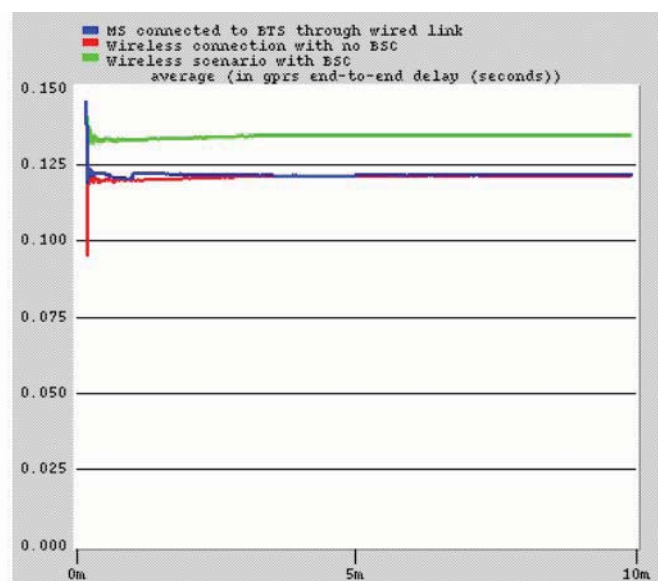


Рис. 4. Затримка передачі наскрізного пакету даних (в секундах)

## 2. Стільникове оновлення з однією мобільною станцією

Імітаційна модель цього сценарію показана на рис. 5. Мобільна станція рухається від однієї базової станції до іншої, тому на початку моделювання MS відноситься до BS 2, а в кінці моделювання — до BS 0. В цьому сценарії MS двічі здійснює стільникове перевизначення: від BS 2 до BS 1, і від BS 1 до BS 0. Ділянки пропускної спроможності на приймачах трьох базових станцій BTS показані на рис. 6, який ілюструє, що у будь-який момент часу тільки одна базова станція отримує дані.

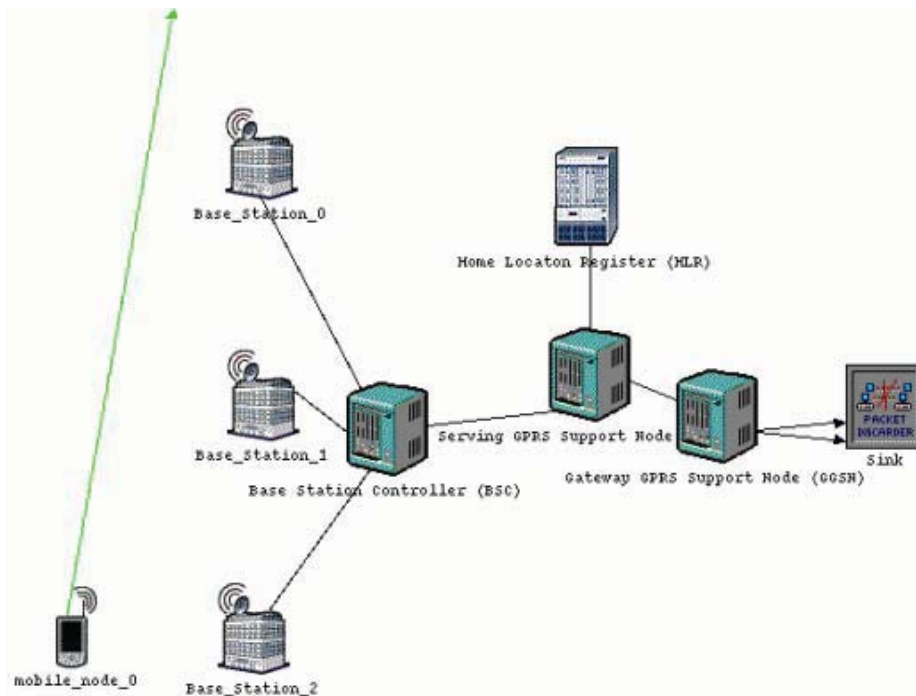


Рис. 5. Сценарій моделювання перевизначення стільника з однією MS

Потужність, отримана по каналах приймача, показана на рис. 7. На початку моделювання рівень потужності пакетів, отриманих від BS 2 є найвищим, і мобільна станція передає сигнал до BS 2. Оскільки MS рухається за своєю траєкторією, то рівень потужності пакетів від BS 2 стає слабшим, а від BS 1 стає сильнішим. Коли рівень потужності пакетів від базової станції 1 стає найвищим, MS розпочинає передачу до BS 1 (перше стільникове оновлення). Коли MS наближується до BS 0, рівень потужності пакетів від BS 0 стає більшим, і коли рівень потужності стає найвищим, мобільна станція розпочинає передачу до базової станції 0 (друге стільникове оновлення). Результати моделювання, подані на рис. 8, доводять, що стільникове оновлення було виконано успішно.



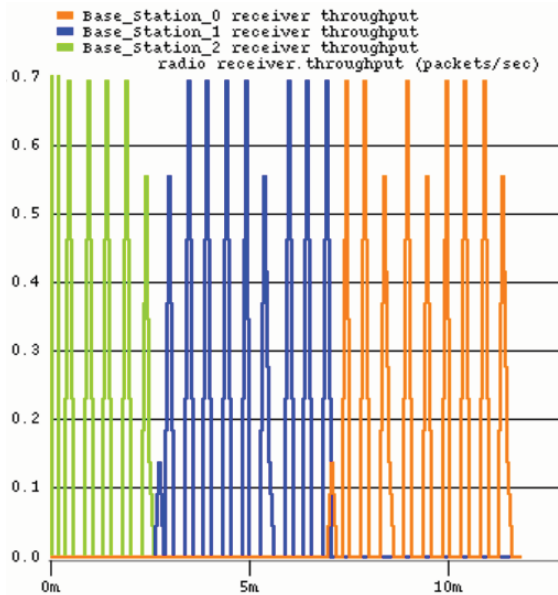


Рис. 6. Пропускна спроможність приймача, пакет/сек

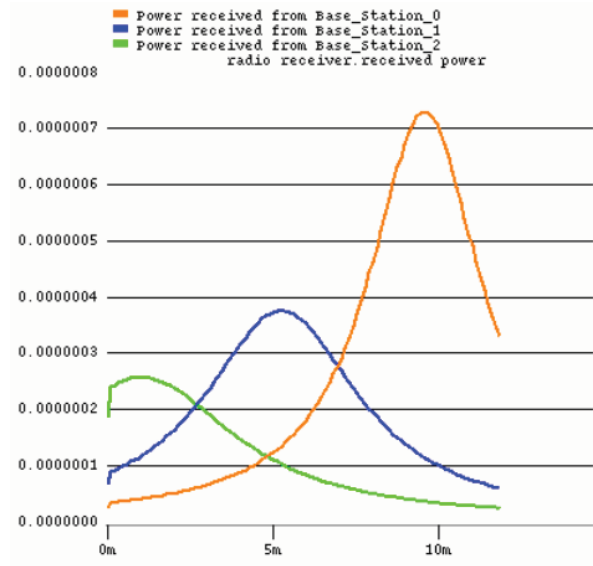


Рис. 7.– Сигнал, отриманий мобільною станцією

### 3. Стільникове оновлення з двома мобільними станціями

Цей сценарій перевіряє, що розподіл каналу приймача базової прийомно-передавальної станції виконаний вірно і стільникові оновлення проходять успішно, коли дві модульні станції передають дані до однієї і тієї ж базової станції. Імітаційна модель цього сценарію показана на рис. 9. На початку моделювання MS 0 знаходиться найближче до BS 2 і рухається уздовж своєї траєкторії. MS 1 рухається між базовими станціями 0 і 1. Канали приймання мобільних станцій встановлені так, щоб пакети даних від широкоповного каналу управління BCCH BS 0 були отримані в каналі 0, а пакети даних від BCCH BS 1 — в каналі 1 і пакети даних від BCCH BS 2 — в каналі 2. Частоти передачі мобільних станцій були обчислені на основі частоти приймання найближчої базової станції. Рис. 10 показує сигнал, отриманий MS 1 від різних базових станцій. Сигнал, отриманий від BS 2, є найнижчим з трьох сигналів, отриманих в різні моменти часу і, отже, мобільний сигнал не передається до BS 2. Пропускна спроможність каналу 1 на трьох базових станціях показана на рис. 11. MS 1 виконує стільникове оновлення двічі. Пакети від мобільної станції 1 отримують базові станції в прийомному каналі 1. Пропускна спроможність приймачів каналу 0 базової станції і пропускна спроможність передавача мобільної станції 0 показані на рис. 12.

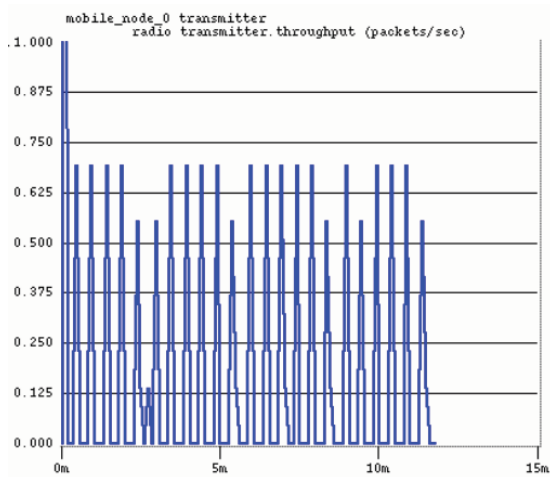


Рис. 8. Пропускна спроможність передавача мобільного вузла 0

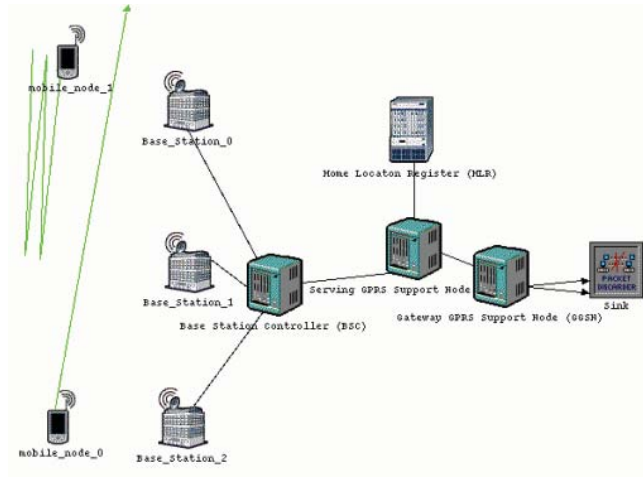


Рис. 9. Сценарій стільникового оновлення з використанням двох MS

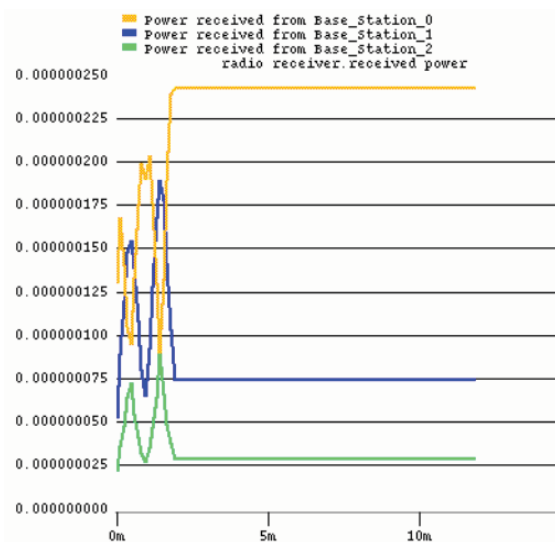


Рис. 10. Сигнал, отриманий MS 1 від різних BS

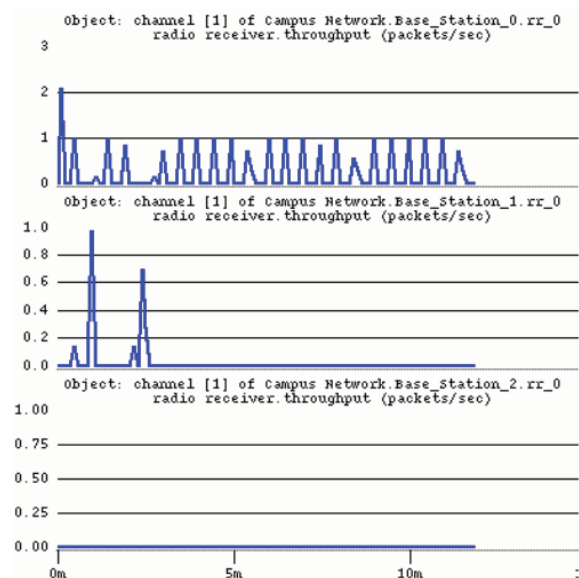


Рис. 11. Пропускна спроможність каналу 1

### Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведені дослідження процесів передачі сигналу з використанням однієї та кількох мобільних станцій за допомогою розробленої імітаційної моделі GPRS-мережі довели, що розміщення каналу в базових станціях виконується успішно, коли абонент переміщується. Система імітаційного моделювання Opnet Modeler є зручною та орієнтованою на мережі зв'язку, має графічне середовище для побудови, виконання й аналізу створеної моделі мережі. Повна модель OPNET GPRS є корисним інструментом для оцінки продуктивності і планування GPRS-мережі.



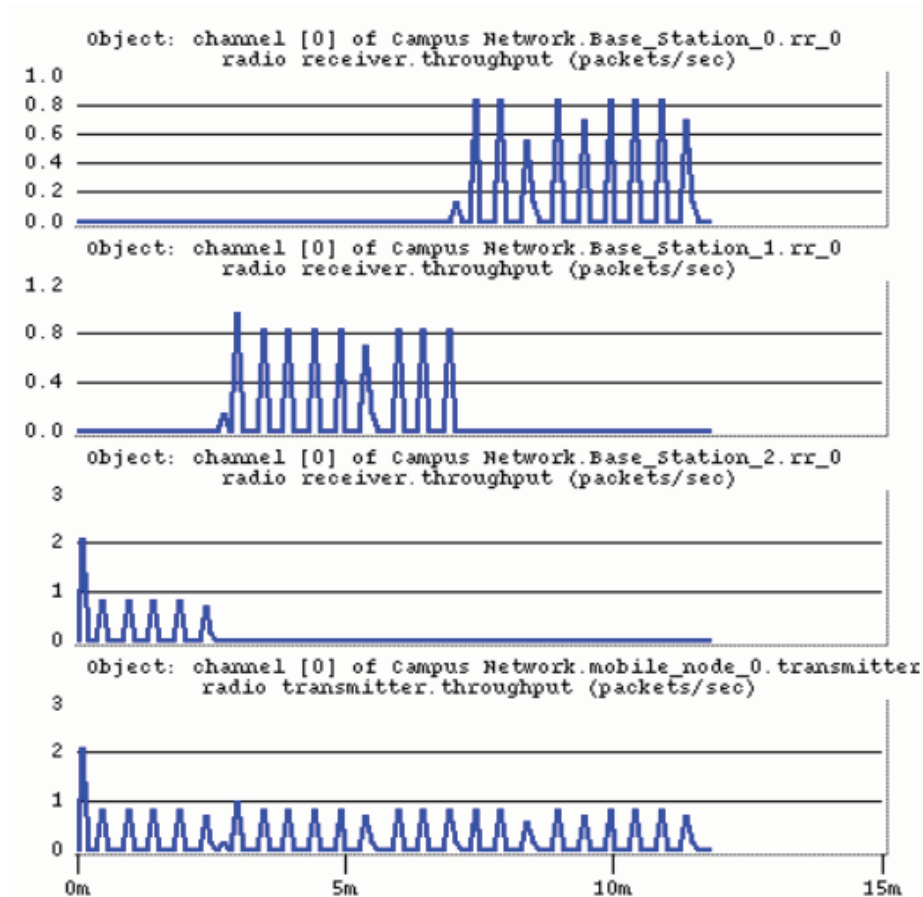


Рис.12. Пропускні спроможності каналу 0 на BS і передавача мобільної станції 0

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шелухин О.И. Мультифракталы. Инфокоммуникационные приложения / О.И. Шелухин – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 576 с.: ил.
2. Галактионова О.В. Моделирование и оценка параметров неоднородного входного потока в телекоммуникационных системах: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: спец. 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» / О.В. Галактионова. - Тверь, 2011. - 23 с.
3. Narayanan R. / Enhanced General Packet Radio Service OPNET Model // R. Narayanan, P. Chan, M. Johansson, F. Zimmermann, Lj.Trajkovic. — Vancouver, Canada.

Получено 10.02.2012 р.