

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ЕРЛАНГА ДО АНАЛІЗУ ОБМІНУ ДАНИМИ У СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Баховський Петро Федорович, к.т.н., доцент;

Євсюк Микола Миколайович, к.т.н., доцент

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

У системах мобільних телекомунікацій (як приклад — SAE/EPS) високошвидкісні додаткові канали динамічно включаються, якщо здійснюється передача пакетних даних, і відключаються, коли така передача закінчується. Для управління рівнем системної інтерференції одночасно активується обмежене число додаткових каналів. Ці високошвидкісні канали можуть розглядатися як сервери в моделі Ерланга [1].

Пакетні дані, які підлягають передачі, або негайно передаються, або зберігаються в очікуванні передачі. У висхідній радіолінії зберігання даних забезпечується в мобільному пристрої обміну даними. У низхідній радіолінії зберігання даних забезпечується в буфері стільника. Ця ситуація відповідає черзі відповідно моделі Ерланга, коли отриманий запит на обслуговування чекає доступу до серверів. В обох випадках може бути збережено велику кількість надісланих повідомлень, отже, довжина черги, як і припускає модель Ерланга, прямує до нескінченності. Співвідношення між завантаженням, кількістю серверів і середнім часом очікування в черзі також визначаються цією моделлю. Якщо такі значення будуть визначені, то можна розрахувати повну пропускну спроможність трафіку з використанням наступного виразу:

$$K = \sum_{n=0}^{N-1} n\mu p(n) + N\mu p_d,$$

де: K — повна пропускну спроможність; μ — середня швидкість завершення обслуговування; $p(n)$ — час затримки залежно від поточного стану системи; p_d — час затримки.

Розрахункове завантаження, обчислене з використанням моделі Ерланга, надалі порівнюється з передбачуваним навантаженням для оцінки необхідного числа секторів для підтримки заданого об'єму трафіку.

Отримане навантаження, виражене в Ерлангах, підсумовується, тому для його розрахунку використовуємо вираз:

$$E = \frac{\lambda_{total}}{\mu} = \frac{\sum_i \lambda_i}{\mu},$$

де: E — загальне завантаження, Ерл; λ_{total} — частота надходження запитів на обслуговування (наприклад, число повідомлень в секунду); μ — середня швидкість завершення обслуговування, що оцінюється для загальної моделі Ерланга; λ_i — частота надходження запитів на обслуговування (кіль-

кість повідомлень в секунду), що поступають від i користувачів; i — число користувачів даних.

Трафік обміну даними в мережах передбачається планувати за відповідним алгоритмом [2]. Наприклад, якщо один сектор може забезпечити підтримку пропускну здатності 100 Кбіт/с для заданого обмеженого часу очікування, то необхідно 10 секторів для реалізації загальної пропускну здатності 1000 Кбіт/с. Насправді для виконання ряду інших вимог, наприклад таких, як забезпечення необхідної зони обслуговування, може виникнути необхідність у більшому числі секторів. Втрати при розповсюдженні радіохвиль та відповідні межі стільника по обміну даними, проведемо шляхом розрахунку чутливості, потрібної для приймача мобільного абонента при певній швидкості передачі:

$$S_{min} = E\{S\} = \frac{FN_t W}{g} \cdot \frac{S_{min}}{P_{max} g_{net} \gamma},$$

$$d_{max} - (1 + \beta)(N - 1)\eta_\alpha$$

де S_{min} — необхідна мінімальна чутливість приймача мобільного абонента; E — оператор математичного очікування; F — коефіцієнт шуму приймача мобільного абонента; N_t — загальне число каналів мережі; W — ширина смуги пропускання; g — виграш за рахунок розширення спектру сигналів при обробці; d_{max} — максимальне відношення енергії інформаційного біта до спектральної щільності теплового шуму та інтерференції; β — відношення інтерференції іншого стільника до інтерференції обслуговуючого стільника для висхідної радіолінії; N — число активних мобільних абонентів у межах сектора; η_α — середнє очікуване значення коефіцієнта використання каналу; a — загасання електромагнітної хвилі при розповсюдженні між антеною базової станції і мобільним абонентом; P_{max} — максимальна потужність, що віддається мобільним абонентом в антену; g_{net} — мережний виграш, який складається з коефіцієнта підсилення антени мобільного терміналу, втрат в голові та тілі оператора, втрат на проникнення крізь будівельні об'єкти та транспортні засоби, коефіцієнта підсилення антени базової станції та втрат у радіочастотному кабелі антенно-фідерного пристрою базової станції; γ — повільні завмирання радіохвиль.

Після відповідних перетворень, рівняння енергетичного балансу низхідної радіолінії в режимі передачі даних матиме вигляд:

$$\frac{\eta_g (1 - \gamma)}{1 + \xi \left(\frac{1}{\bar{\eta}_\beta} - \frac{\bar{\eta}_d}{\bar{\eta}_g} \right)} \cdot \frac{N_{links} \bar{\eta}_\alpha \bar{\eta}_\beta}{\left(1 + \frac{k}{\sqrt{N_{links}}} \sqrt{\frac{\sigma_\alpha^2 \sigma_\beta^2}{\bar{\eta}_\alpha^2 \bar{\eta}_\beta^2} + \frac{\sigma_\beta^2}{\bar{\eta}_\beta^2} + \frac{\sigma_\alpha^2}{\bar{\eta}_\alpha^2}} \right)} \geq \bar{\eta}_\alpha,$$

де: $\bar{\eta}_\alpha$ — середнє значення коефіцієнта використання каналу; $\bar{\eta}_\beta$ — середнє значення інтерференційного співвідношення; k — множник, який використовується в Гаусовому розподілі; σ_α — стандартне відхилення коефіцієнта використання каналу; σ_β — стандартне відхилення інтерференційного співвідношення.

Виконання цієї нерівності забезпечує підтримку сервісу обміну даними на межі стільника як за додатковим, так і за основним каналами.

Література

1. Гоцуляк А. Ф. Система передачи речи и обмена данными 3G – 1x / А. Ф. Гоцуляк, В. П. Гавриленко, С. Н. Орлов, Э. Ю. Пархимович // «ВКСС. Connect!». — 2004. — № 2(4) — С. 108—140. — Библиогр.: с. 140.

2. Рибак А. І. Системний аналіз структурно-функціональної побудови концепції віртуального домашнього оточення в мережах 3G. [Текст]. / А. І. Рибак, П. Ф. Баховський // Наукові записки УНДІЗ — 2008. — № 6 (8) — С. 3—11. — Бібліогр.: с. 11.

Анотація

У системах мобільних телекомунікацій пакетні дані, які застосовують для прийому/передачі інформації, потребують проведення розрахунків просторового розподілу для абонентів мобільної мережі. Такі розрахунки можуть бути використаними для розробки проектів перспективних систем мобільного зв'язку. Застосування моделі Ерланга при аналізі обміну даними дало можливість розробити методику визначення пропускнуої спроможності та ємності в режимі обміну, та оцінити наявність чи відсутність ресурсу радіолінії необхідного для прийому/передачі таких даних.

Ключові слова: трафік, радіохвилі, модель Ерланга, мобільний зв'язок.

Аннотация

В системах мобильных телекоммуникаций пакетные данные, применяемые для приема/передачи информации, требуют проведения расчетов пространственного распределения для абонентов мобильной сети. Такие расчеты могут быть использованы для разработки проектов перспективных систем мобильной связи. Применение модели Эрланга при анализе обмена данными позволило разработать методику определения пропускной способности и емкости в режиме обмена и оценить наличие или отсутствие ресурса радиолинии необходимого для приема/передачи этих данных.

Ключевые слова: трафик, радиоволны, модель Эрланга, мобильная связь.

Abstract

In mobile telecommunications system packet data that's used to transmit/receive data, require the calculation of the spatial distribution for mobile networks. These estimates can be used for the development of advanced systems of mobile communications. Applying Erlang model in the analysis of data sharing has made it possible to develop a method for determining the throughput and capacity on-exchange, and to assess the presence or absence of radio resources required to transmit/receive the data.

Keywords: traffic, radio waves, Erlang model, a mobile communications.