

К ПРИБЛИЖЕННОМУ РАСЧЕТУ ВЕРОЯТНОСТИ БЛОКИРОВКИ В МОДЕЛИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ПОТОЛКАМИ НА СКОРОСТЬ В СЕТИ LTE

Маркова Е.В.

Российский университет дружбы народов, mkatyushka@mail.ru

Построена модель соты сети LTE, поддерживающей передачу данных двух типов. Скорость передачи данных может динамически варьироваться от максимального «индивидуального потолка» до минимального значения. Для расчета вероятности блокировки предложен приближенный метод.

Ключевые слова: LTE, управление доступом, переменная скорость, Non-GBR, индивидуальный потолок, приближенный метод, вероятность блокировки.

Введение

Для обеспечения требуемого качества предоставления услуг на базе сети LTE перед сотовыми операторами возникает необходимость выбора оптимальных схем управления доступом к радиоресурсам сети [1,2]. В случае перегрузки сети управление доступом может быть реализовано в лучшем случае за счет ухудшения качества предоставления услуг (service degradation), а в худшем за счет прерывания обслуживания менее приоритетных пользователей (service interruption).

В докладе рассматривается модель соты сети LTE с пиковой пропускной способностью C единиц канального ресурса (ЕКР) и двумя услугами передачи данных, для которых определены различные индивидуальные потолки на скорость. Управление доступом основано на снижении скоростей предоставления услуг пропорционально индивидуальному потолкам.

Модель с индивидуальными потолками и порогом на число блоков

Предположим, что входящий поток запросов на передачу блоков данных k -типа является пуассоновским с интенсивностью λ_k , со средней экспоненциальной длиной блока θ_k и предложенной нагрузкой $\rho_k := \lambda_k \theta_k$, $k = 1, 2$. Обозначим максимальное число ЕКР, которые могут быть выделены для передачи блока данных k -типа d_k , $k = 1, 2$. Будем считать, что $d_1 > d_2$.

Пусть n_k число передаваемых блоков данных k -типа, $k = 1, 2$. Для обеспечения гарантированного времени передачи данных введем пороговое значение суммарного числа передаваемых блоков $N > \lfloor C / d_2 \rfloor$. Состояние соты в некоторый момент времени описывает вектор (n_1, n_2) в пространстве состояний

$$X = \{(n_1, n_2) : n_1 > 0, n_2 > 0, n_1 + n_2 \leq N\}. \quad (1)$$

Отметим, что в случае недостаточности ресурсов для передачи блока данных k -типа на максимальной скорости d_k ($n_1 d_1 + n_2 d_2 > C$), скорость передачи снижается пропорционально индивидуальным потолкам до тех пор, пока суммарное число передаваемых блоков не больше порогового значения N , и становится равной

$$d_k(n_1, n_2) \text{ где } f(n_1, n_2) = \frac{C}{n_1 d_1 + n_2 d_2} < 1 - \text{коэффициент ухудшения качества}$$

обслуживания. В случае когда суммарное число передаваемых блоков данных равно

пороговому значению, запрос на передачу блока данных k -типа блокируется, $k = 1, 2$ (рис.1).

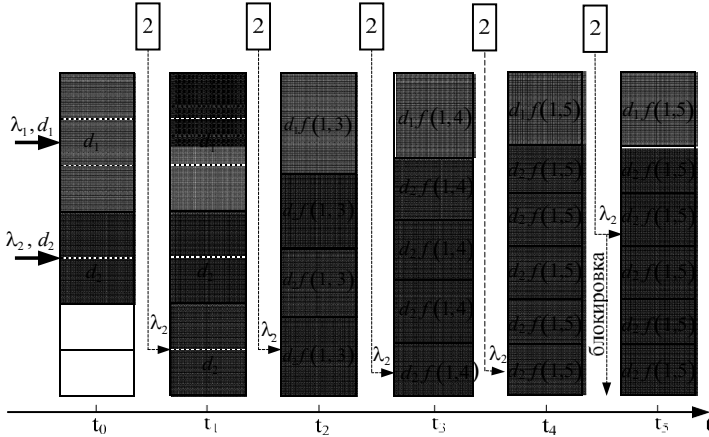


Рис. 1. Принцип ухудшения качества обслуживания ($C = 7, N = 6, d_1 = 3, d_2 = 2$)

Соответствующая диаграмма интенсивностей переходов представлена в [2]. Для рассматриваемой модели не выполняется критерий Колмогорова, поэтому для анализа основной характеристики модели – вероятности блокировки запросов на передачу блоков данных – необходима разработка приближенного метода.

Приближенный метод

Вероятность блокировки запросов на передачу блоков данных 1,2-типа равна:

$$B_1 = B_2 \approx q(N) / \sum_{n=0}^N q(n), \quad (2)$$

где $q(n)$ – приближенное значение ненормированной вероятности того, что в системе передается ровно n блоков данных. Предположим, что выполняется частичный баланс, тогда $q(n), n \in X(n) = \{(n_1, n_2) \in X : n_1 + n_2 = n\}$ рассчитывается по формулам:

$$\begin{aligned} q(n) &= 0, \quad n < 0; \\ q(n) &= 1, \quad n = 0; \\ q(n) &= \frac{\rho_1 + \rho_2}{\left\lfloor \frac{d_1}{n} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{d_2}{n} \right\rfloor} q(n-1), \quad n = 1, \dots, \lfloor C/d \rfloor; \\ q(n) &= \frac{\rho_1 Q}{d_1 n^{n-1}} (\{0, \dots, i(n)-1\}) + \frac{\rho_2 (d_1 - d_2)}{C d_2 n^{n-1}} M_{n-1} (\{i(n) + 1, \dots, n-1\}) + \\ &+ \frac{\rho_2 Q}{d_2 n^{n-1}} (\{0, \dots, i(n)\}) + \frac{\rho_2 Q}{C^{n-1}} (\{i(n)+1, \dots, n-1\}) + \frac{\rho_1 (d_1 - d_2) Q}{C d_1 n^{n-1}} (\{i(n), \dots, n-1\}) + \\ &+ \frac{\rho_1 (d_1 - d_2)}{C d_1 n^{n-1}} M_{n-1} (\{i(n), \dots, n-1\}) + \frac{\rho_1 d_2 Q}{C d_1^{n-1}} (\{i(n), \dots, n-1\}), \quad n = \lfloor C/d \rfloor + 1, \dots, \lfloor C/d \rfloor_2; \end{aligned}$$

$$q(n) = (d_1 - d_2) \frac{d_1 \rho_2 + d_2 \rho_1}{C d_1 d_2} M_{n-1}(\mathbf{X}(n)) + \frac{d_1 \rho_2 n + d_2 \rho_1 n + (d_1 - d_2) \rho_1}{C d_1 n} q(n-1),$$

$$n = \lfloor C/d_2 \rfloor + 1, \dots, N,$$

$$\text{где } i(n) = \frac{C - d_2 n}{d_1 - d_2}, \quad n = \lfloor C/d_1 \rfloor + 1, \dots, \lfloor C/d_2 \rfloor, \quad \mathbf{N}(n) = \left\{ n : \binom{n}{1} \in \mathbf{X}(n) \subseteq \mathbf{X}(n) \right\},$$

$Q_n(\mathbf{N}_1(n))$ – вероятность того, что суммарное число передаваемых блоков равно n при условии, что, количество передаваемых блоков данных 1-типа принадлежит множеству $\mathbf{N}_1(n)$, а $M_n(\mathbf{N}_1(n))$ – среднее число передаваемых блоков данных 1-типа при условии, что суммарное число передаваемых блоков данных равно n , а количество передаваемых блоков данных 1-типа принадлежит множеству $\mathbf{N}_1(n)$, и определяются по формулам

$$Q_n(\mathbf{N}_1(n)) = \sum_{n_1 \in \mathbf{N}_1(n)} p(n_1, n - n_1) \approx q(n) \frac{\sum_{n_1 \in \mathbf{N}_1(n)} \binom{\rho_1 n + \rho_2 (n - n_1)}{d_1^{n_1} d_2^{n - n_1}}}{\sum_{n_1=0}^n \binom{\rho_1 n + \rho_2 (n - n_1)}{d_1^{n_1} d_2^{n - n_1}}},$$

$$M_n(\mathbf{N}_1(n)) = \sum_{n_1 \in \mathbf{N}_1(n)} n_1 p(n_1, n - n_1) \approx q(n) \frac{\sum_{n_1 \in \mathbf{N}_1(n)} n_1 \binom{\rho_1 n + \rho_2 (n - n_1)}{d_1^{n_1} d_2^{n - n_1}}}{\sum_{n_1=0}^n \binom{\rho_1 n + \rho_2 (n - n_1)}{d_1^{n_1} d_2^{n - n_1}}}.$$

Выводы

В дальнейшем предполагается провести численный эксперимент, направленный на определение точности предложенного алгоритма, а также расчет основных характеристик модели.

Литература

1. Chowdhury M. Z., Jang Y. M., Haas Z. J. Call Admission Control based on Adaptive Bandwidth Allocation for Multi-Class Services in Wireless Networks // Communications and Networks – Vol. 15. – Feb. 2013. – Pp.15-24.
2. Бородакин В.Ю., Гудкова И.А., Маркова Е.В. Модель управления доступом к радиоресурсам с индивидуальными потолками на скорость передачи данных в сети LTE // T-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – 2014. – (в печати).

ON APPROXIMATE CALCULATION OF BLOCKING PROBABILITY IN MODEL FOR NON REAL-TIME SERVICES WITH MAXIMUM BIT RATE

Markova E.V.

Peoples' Friendship University of Russia, mkatyushka@mail.ru

We propose a model of the cell LTE networks, which supports two types of data transfer without guaranteed bit rate. Data bit rate can dynamically vary from maximum "a personal ceiling" to the minimum. For calculation of blocking probability the approximate method is offered.

Key words: LTE, radio admission control (RAC), Non-Guaranteed Bit Rate (Non-GBR), approximate method, blocking probability.