

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ СОТЫ СЕТИ LTE С ТРАФИКОМ МЕЖМАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Бутурлин И.А.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

e-mail: ivan_buturlin@mail.ru

В докладе представлен алгоритм расчета основных вероятностно-временных характеристик модели распределения радиоресурсов с фиксированным диапазоном для трафика межмашинного взаимодействия в сети LTE.

Ключевые слова: LTE, Интернет вещей, МТС, М2М, трафик межмашинного взаимодействия, H2H, фиксированный диапазон пропускной способности, вероятность блокировки, среднее время передачи, рекуррентный алгоритм.

Рассматривается схема динамического распределения радиоресурсов соты сети LTE, когда для обслуживания трафика межмашинного взаимодействия (Machine-to-Machine, M2M) выделяются фиксированные диапазоны пропускной способности [2], остальные ресурсы доступны для пользователей H2H-услуги (Human-to-Human). Для предложенной схемы обслуживания трафика межмашинного взаимодействия в [3,4] представлено описание соответствующей модели соты сети LTE в терминах теории телетрафика [1], получены распределение вероятностей состояний в мультипликативном виде и формулы для расчета основных вероятностно-временных характеристик модели. В качестве критериев качества функционирования модели рассматриваются вероятности блокировки запросов пользователей H2H-услуги, МТС-устройств (Machine Type Communication) и среднее время передачи блока данных от подобных устройств.

Пусть сота сети LTE имеет пиковую пропускную способность C единиц канального ресурса (ЕКР) [бит/с]. Пользователям предоставляется одна H2H-услуга, а также сота поддерживает передачу блоков данных одного типа от множества МТС-устройств. Для предоставления H2H-услуги зарезервировано R_h ЕКР. Здесь и далее индексы «m» ($m := \text{МТС}$) и «h» ($h := \text{H2H}$) обозначают принадлежность того или иного параметра к трафику межмашинного взаимодействия и пользователей H2H-услуги соответственно. Тогда $C_m = C - R_h$ ЕКР доступно для МТС-устройств, C ЕКР – для пользователей H2H-услуги.

Запросы на предоставление H2H-услуги образуют пуассоновский поток интенсивности λ_h [1/ед.вр.] и требуют b_h ЕКР. Обслуживание пользователей H2H-услуги распределено по экспоненциальному закону с интенсивностью μ [1/ед.вр.]. Для передачи блоков данных от МТС-устройств требуется минимум b_m ЕКР. При этом для передачи текущего числа блоков данных, ЕКР выделяются фиксированными диапазонами пропускной способности c ЕКР. Тогда $M := \lfloor c/b_m \rfloor$ максимальное число блоков данных, которые могут быть одновременно переданы на одном фиксированном диапазоне. Будем полагать, что для обслуживания МТС-устройств на соте сети может быть выделено $S := \lfloor C_m/c \rfloor$ фиксированных диапазонов. Не ограничивая общности, будем считать, что $c = M \cdot b_m$ и $C_m = S \cdot c$. Входящий поток запросов от МТС-устройств является пуассоновским с интенсивностью λ_m [1/ед.вр. = 1/с], а длина блока данных распределена по экспоненциальному закону со средним θ [ЕКР×ед.вр.=бит]. Пусть

$a := \lambda_m \theta$ [ЕКР] – интенсивность предложенной нагрузки межмашинного взаимодействия.

Пространство состояний модели представимо в следующем виде [3,4]:
 $X := \{ \mathbf{n} \geq \mathbf{0} : n_h b_h \leq C - c(n_m), c(n_m) \leq C_m \}$, где $c(n_m) := c \cdot \lfloor n_m M \rfloor$ – количество ЕКР, выделенное для передачи n_m блоков данных от МТС-устройств. Для рассматриваемой модели получен рекуррентный алгоритм расчета вероятностей состояний системы $p(n_m, n_h)$, $(n_m, n_h) \in X$, вероятностей блокировок пользователей Н2Н-услуги B_h и МТС-устройств B_m , а также среднего времени передачи блока данных от МТС-устройств T_m .

Алгоритм 1

Исходные данные: $C, R_h, c, \lambda_m, \theta, b_m, \lambda_h, \mu, b_h$.

Шаг 1. Расчет исходных параметров

1.1. Расчет предложенной нагрузки: $a := \lambda_m \cdot \theta$, $\rho := \lambda_h \mu$.

1.2. $C_m = C - R_h$, $S = \lfloor C_m / c \rfloor$, $M = \lfloor c / \mu_m \rfloor$.

Шаг 2. Расчет ненормированных вероятностей $g(n_m, n_h)$ и нормирующей константы $G(X)$

2.1. $g(0, 0) = 1$, $G(X) = 1$.

2.2. $c(n_m) = c \cdot \lceil n_m M \rceil$, $n_m = 0, \dots, \lfloor S \cdot c / \mu_m \rfloor$.

2.3. $g(n_m, 0) = g(n_m - 1, 0) \cdot \lceil a / c(n_m) \rceil$, $G(X) = G(X) + g(n_m, 0)$, $n_m = 1, \dots, \lfloor S \cdot c / \mu_m \rfloor$.

2.4. $g(n_m, n_h) = g(n_m, n_h - 1) \cdot \lceil \rho / n_h \rceil$, $G(X) = G(X) + g(n_m, n_h)$,
 $n_h = 1, \dots, \lfloor (C - c(n_m)) / b_h \rfloor$, $n_m = 0, \dots, \lfloor S \cdot c / \mu_m \rfloor$.

Шаг 3. Расчет нормированных вероятностей $p(n_m, n_h)$

3.1. $p(n_m, n_h) = g(n_m, n_h) / G(X)$, $n_h = 0, \dots, \lfloor (C - c(n_m)) / b_h \rfloor$,
 $n_m = 0, \dots, \lfloor S \cdot c / \mu_m \rfloor$.

Шаг 4. Расчет вероятностей блокировок B_h, B_m

4.1. $B_h = p(0, \lfloor C / b_h \rfloor) + \sum_{s=1}^S \sum_{n_m=(s-1)M+1}^{sM} p(n_m, \lfloor (C - s \cdot c) / b_h \rfloor)$.

4.2. $B_m = \sum_{s=0}^{S-1} \frac{\lfloor (C - s \cdot c) / \mu_m \rfloor}{\sum_{n_h=\lfloor (C - (s+1) \cdot c) / \mu_m \rfloor+1}^{\lfloor (C - s \cdot c) / \mu_m \rfloor}} p(s \cdot M, n_h) + \sum_{n_h=0}^{\lfloor C_h / \mu_h \rfloor} p(S \cdot M, n_h)$.

Шаг 5. Расчет среднего времени передачи T_m

5.1. $T_m = \frac{\sum_{n_m=0}^{\lfloor \lfloor C_m / \mu_m \rfloor \rfloor} \left[\sum_{n_h=0}^{\lfloor (C - c(n_m)) / \mu_h \rfloor} n_m \cdot p(n_m, n_h) \right]}{\lambda_m (1 - B_m)}$

Представленный алгоритм основан на разбиении пространства состояний модели по числу выделенных фиксированных диапазонов пропускной способности. Данный метод позволяет просто и эффективно рассчитывать основные вероятностно временные характеристики. В дальнейшем предполагается уточнить алгоритм для случая, когда на соту сети LTE поступают запросы от МТС-устройств на передачу блоков данных различного типа.

Литература

1. Башарин Г.П., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е. Математическая теория телетрафика и ее приложения к анализу мультисервисных сетей связи следующих поколений // Автоматика и вычислительная техника. 2013. № 2. С. 11-21.
2. В.Ю. Бородакий, И.А. Бутурлин, К.Е. Самуйлов. О некоторых задачах управления радиоресурсами в сетях LTE-Advanced с учетом M2M трафика // Всероссийская конференция (с международным участием) «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологических систем». Тезисы докладов. – М.: РУДН, 2013.
3. Бутурлин И.А., Гудкова И.А., Чукарин А.В. Модель распределения радиоресурсов с фиксированным диапазоном для трафика межмашинного взаимодействия в сети LTE. – Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – 2014. – (в печати).
4. Borodakiy V.Y., Buturlin I.A., Gudkova I.A., Samouylov K.E. Modelling and analysing a dynamic resource allocation scheme for M2M traffic in LTE networks // Lecture Notes in Computer Science. 2013. Vol. 8121. P. 420-426.

ALGORITHM FOR CALCULATING PERFORMANCE MEASURES OF RADIO RESOURCE ALLOCATION SCHEME MODEL FOR MACHINE TYPE COMMUNICATIONS IN LTE NETWORK

Buturlin I. A.

*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow
e-mail: ivan_buturlin@mail.ru*

The report presents an algorithm for calculating the basic probabilistic temporal characteristics of radio resource allocation scheme model for machine type communications in LTE network

Key words: LTE, Internet of Things, Machine-to-Machine (M2M), Machine Type Communication (MTC), Human-to-Human, fixed capacities, blocking probability, mean flow durations, recursive algorithm.