

## ЗАДАЧА ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ФИКСИРОВАННОГО ДИАПАЗОНА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СОТЫ СЕТИ LTE ДЛЯ M2M ТРАФИКА <sup>1</sup>

Бутурлин И.А.<sup>1</sup>, Бегжиев В.О.<sup>1</sup>, Коротков С.В.<sup>2</sup>, Короткова Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов, ivan\_buturlin@mail, begishevu@mail.ru,

<sup>2</sup>ЗАО «Всесоюзный институт волоконно-оптических систем  
связи и обработки информации»

*В докладе рассматривается задача поиска оптимального размера фиксированного диапазона пропускной способности, выделяемого для обслуживания трафика межмашинного взаимодействия для модели соты сети LTE.*

Ключевые слова: LTE, Интернет вещей, МТС, M2M, трафик межмашинного взаимодействия, H2H, фиксированный диапазон пропускной способности, задача оптимизации.

В [1] рассматривается одна из возможных схем динамического распределения радиоресурсов соты сети LTE, когда для обслуживания трафика межмашинного взаимодействия (Machine-to-Machine, M2M) выделяются фиксированные диапазоны пропускной способности, остальные ресурсы доступны для пользователей H2H-услуги (Human-to-Human). Для исследования эффективности функционирования предложенной схемы распределения радиоресурсов в [2,5] построена модель соты сети LTE, где для передачи блоков эластичных данных, поступающих от МТС-устройств (Machine-to-Machine), выделяются фиксированные диапазоны пропускной способности емкостью  $c$  единиц канального ресурса (ЕКР). Для случая, когда пользователями предоставляется одна H2H-услуга, а также сота поддерживает передачу блоков данных одного типа от множества МТС-устройств получено распределение вероятностей состояний в мультипликативном виде. В [3] представлен рекуррентный алгоритм для расчета распределения вероятностей состояний системы и основных вероятностно-временных характеристик: вероятности блокировки запросов пользователей и МТС-устройств, среднее время передачи блока данных, проведен подробный численный анализ функционирования модели.

С учетом активного роста M2M-трафика для операторов сетей связи LTE все более актуальной становится задача эффективного распределения доступных радиоресурсов для обслуживания МТС-устройств с минимальным воздействием на качество предоставления традиционных H2H-услуг (голосовые услуги, потоковое видео и др.), которые приносят основной доход оператору. По построению размер выделяемого фиксированного диапазона пропускной способности  $c$  существенным образом влияет на показатели качества функционирования рассматриваемой модели, в том числе на качество обслуживания пользователей H2H-услуги [4]. С учетом небольших размеров файлов, поступающих от МТС-устройств, для их передачи целесообразно выделять минимальное количество доступных ЕКР, в отличие от пользователей H2H-услуги, для которых критичной является величина выделяемой пропускной способности. С учетом вышеизложенного, может быть сформулирована задача оптимизации, где в качестве целевой функции используется величина среднего числа ЕКР, не занятых трафиком межмашинного взаимодействия и пользователями H2H-услуги  $\bar{c}(c)$  :

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-07-00953 а.

$$\left\{ \begin{aligned} & \max_c \hat{C}(c) := \max \left\{ C - c \cdot \sum_{(n_m, n_h) \in X} \left[ \frac{h_m}{M} \right] p(n_m, n_h) - b_h \cdot \sum_{(n_m, n_h) \in X} n_h p(n_m, n_h) \right\}, \\ & 1 \leq c \leq C_m, \quad c \cdot S \leq C_m, \\ & B \leq B^*, \\ & B_h^m \leq B_h^m, \\ & T_m \leq T_m^*, \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где  $B_h^*, B_m^*, T_m^*$  – пороговые значения для вероятности блокировок пользователей H2H-услуги, МТС-устройств и для среднего времени передачи блока эластичных данных от МТС-устройств соответственно.

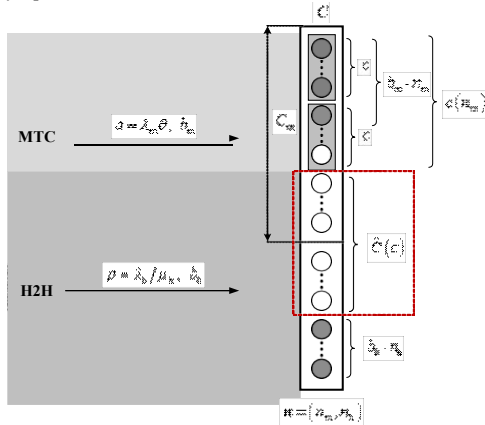


Рис.1. Задача поиска оптимального  $c$

Для решения сформулированной задачи (1) разработано программное средство на объектно-ориентированном языке Java. Используя исходные данные аналогичные [2], получено решение задачи для различных значений предложенной нагрузки.

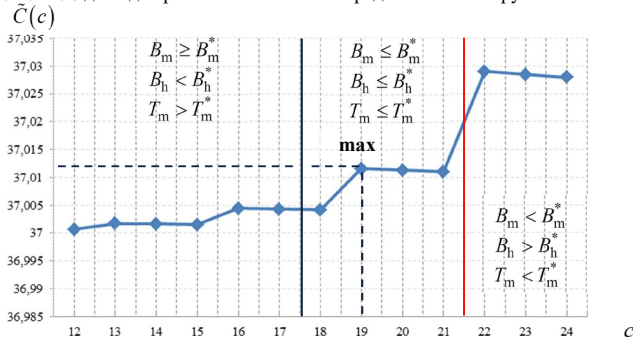


Рис.2. Зависимость  $\hat{C}(c)$  от размера фиксированного диапазона

На рисунке 2 проиллюстрирован метод поиска оптимального размера фиксированного диапазона пропускной способности для соты сети LTE с пиковой

пропускной способностью  $C = 50$  Мбит/с. Для каждого возможного варианта  $c$  на графике представлено значение целевой функции  $\hat{C}(c)$ . С учетом зафиксированных пороговых значений  $B_m^* = 10^{-3}$ ,  $B_n^* = 10^{-3}$ ,  $T_m^* = 10^{-1}$  с и ограничения на количество выделяемых диапазонов пропускной способности  $S = 2$  максимальное  $\hat{C}(c)$  достигается при  $c = 19$ .

В докладе сформулирована задача поиска оптимального размера фиксированного диапазона пропускной способности соты сети LTE, выделяемого для обслуживания M2M-трафика. Представлены результаты численного решения задачи оптимизации методом перебора. В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть задачу поиска оптимального размера фиксированного диапазона для других целевых функций и для случая, когда на соту сети LTE поступает неоднородный трафик межмашинного взаимодействия.

### Литература

1. 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 высокотехнологичных систем». Тезисы докладов. – М.: РУДН, 2013.
2. 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).
3. Бутурлин И.А. Алгоритм расчета вероятностно временных характеристик модели соты сети LTE с трафиком межмашинного взаимодействия // Всероссийская конференция (с международным участием) «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем». Тезисы докладов. – 2014.
4. Бутурлин И.А., Бегишев В.О. Метод распределения радиоресурсов для сети LTE-Advanced с трафиком межмашинного взаимодействия // Международный форум информатизации МТУСИ. Тезисы докладов. – М.: 2013. Стр.44.
5. 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.

## THE TASK OF SEARCHING FOR THE OPTIMUM CAPACITY OF FIXED RANGE FOR MODEL RADIO RESOURCE ALLOCATION IN LTE NETWORK WITH MACHINE-TYPE COMMUNICATIONS TRAFFIC

*Buturlin I.A.<sup>1</sup>, Begishev V.O.<sup>1</sup>, Korotkov S.V.<sup>2</sup>, Korotkova E.V.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia, ivan\_buturlin@mail, begishevu@mail.ru,*

*<sup>2</sup> JSC "VIVOSS and OI"*

*The report addresses the task of finding the optimal size of fixed bandwidth ranges for model cell LTE network with traffic machine-type communications.*

Key words: LTE, Internet of things, MTC, M2M, Machine-Type Communications, H2H, dynamic resource allocation, fixed range of bandwidth, streaming traffic, elastic traffic, the blocking probability, mean transmission time.