

В. О. Бегишев, И. А. Гудкова (Москва, РУДН, ФИЦ ИУ РАН).
Анализ модели обслуживания абонентов NB-IoT в сетях 5G.

Рассматривается модель соты сети LTE, на которую поступают запросы на установление соединения от абонентов типа H2H и межмашинных сессий NB-IoT. Предполагается, что для обслуживания NB-IoT радиоресурсы сети LTE выделяются последовательно диапазонами фиксированного размера.

Для рассматриваемой модели проведен математический анализ оценки таких важных показателей качества обслуживания, как вероятности потери сессий H2H и NB-IoT, задержка передачи блоков данных.

Представленный сценарий поступления двух видов трафика позволяет определить диапазоны нагрузок, при которых выполняются заданные параметры качества обслуживания в сетях сотовой связи 5G.

В работе, представленной данным сообщением, исследуется стратегия динамического распределения радиоресурсов соты сети LTE между трафиком NB-IoT (NarrowBand IoT) и абонентов H2H (Human-to-Human), для каждой из которых зарезервированы минимальные ресурсы.

Пользователям предоставляется одна H2H-услуга, например, потоковое видео, и сеть поддерживает передачу блоков данных одного типа от NB-IoT.

Пусть C — общее количество радиоканалов в одной соте сети LTE. Для предоставления услуги H2H и NB-IoT зарезервировано R_H и R_N радиоканалов соответственно. Тогда $C_H = C - R_N$ есть число каналов, доступных для H2H, а $C_N = C - R_H$ — для NB-IoT.

Для передачи блока данных от NB-IoT требуется b радиоканалов. При этом для передачи текущего числа блоков данных радиоресурсы выделяются диапазонами фиксированного размера по c каналов.

Предположим, что входящий поток от NB-IoT является пуассоновским с интенсивностью λ [с⁻¹], а длина блока распределена по экспоненциальному закону со средним θ [бит]. Следовательно, для интенсивности ρ предложенной нагрузки на передачу блоков данных от NB-IoT, имеем выражение $\rho = \lambda \theta$.

Для предоставления H2H-услуги требуется d радиоканалов.

Предполагается, что входящий поток запросов H2H — также пуассоновский с интенсивностью ν [с⁻¹], а время предоставления H2H-услуги распределено по экспоненциальному закону со средним $1/\mu$ [с] (ср. [3]), тогда для интенсивности a предложенной нагрузки от H2H имеем:

$$a = \frac{\nu}{\mu}.$$

Обозначим $m(t)$ число передаваемых в момент $t \geq 0$ блоков данных от NB-IoT, а $n(t)$ — число абонентов, которым в момент $t \geq 0$ предоставляется H2H-услуга. Тогда функционирование рассматриваемой модели соты сети LTE с трафиком NB-IoT описывает составной случайный процесс

$$\{(m(t), n(t)); t \geq 0\}$$

(см. рис. 1).

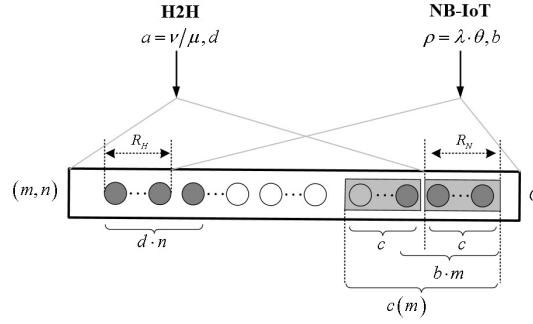


Рис. 1. Модель системы NB-IoT

Для расчета вероятностей B_N блокировок NB-IoT получено следующее выражение:

$$B_N = p(SM, 0) + \sum_{s=1}^S \sum_{n=N_1}^{N_2} p(sM, n),$$

где

$$S = \left\lfloor \frac{C - R_H}{c} \right\rfloor, \quad N_1 = \left\lfloor \frac{C - (s+1)c}{d} \right\rfloor, \quad N_2 = \left\lfloor \frac{C - sc}{d} \right\rfloor.$$

Численные результаты приведены на рис. 2.

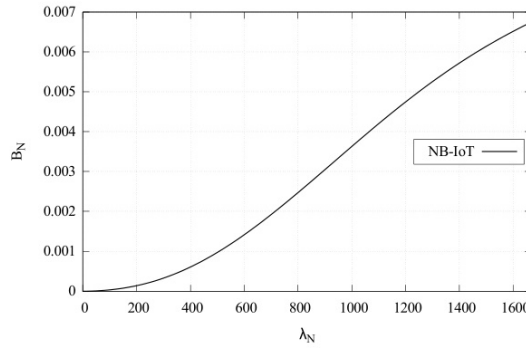


Рис. 2. Вероятность блокировок NB-IoT

Отметим, что NB-IoT может обеспечить надежную передачу данных (вероятность потери сообщений менее $7 \cdot 10^{-3}$) для 100 000 NB-IoT устройств при постоянной интенсивности $\nu = 1,6$ [с] поступления H2H.

Таким образом, разработана аналитическая модель оценки эффективности резервирования ресурсов. Модель позволяет анализировать особенности совместного использования ресурсов LTE и NB-IoT на примере оператора наблюдения, реализующего систему мониторинга. Предложенная модель может быть использована компаниями, специализирующимся на предоставлении телекоммуникационных услуг, для определения оптимальных нагрузочных параметров для качественного обслуживания межмашинных сессий NB-IoT.

Публикация подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов 18-37-00380 и 18-00-01555 (18-00-01685).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 3GPP, Cellular system support for ultra-low complexity and low throughput Internet of Things (CIoT), 3rd Generation Partnership Project (3GPP 45.820). Release 13. Technical Report. Sophia-Antipolis: 3GPP Organizational Partners, December 2015. https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/45_series/45.820/
2. 3GPP, Standardization of NB-IOT completed. Sophia-Antipolis: 3GPP Organizational Partners, June 2016. <https://www.3gpp.org/news-events/1785-nb-iot-complete;> https://www.3gpp.org/images/PDF/R13_IO_rev3.pdf
3. Cardone G., Corradi A., Foschini L., Ianniello R. ParticipAct: A large-scale crowdsensing platform. — IEEE Trans. Emerging Topics in Comput., 2016, v. 4, is. 1, p. 21–32.
4. Margelis G., Piechocki R., Kaleshi D., Thomas P. Low throughput networks for the IoT: Lessons learned from industrial implementations. In: 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT) (Milan, December 14–16, 2015). Proceedings. / Ed. by L. Ladid, N. Aschenbruck, V. Piuri. Piscataway, NJ: IEEE, 2015, p. 181–186.

УДК 004.77+621.37

DOI <https://doi.org/19.XXXX/oppmXXX>

V. O. Begishev, I. A. Gudkova (Moscow, RUDN Univ., FRC CSC RAS)
Analysis of the model of NB-IoT customer service systems in 5G networks

Abstract: An analytical model for evaluation of the effectiveness of resource reservation is developed. Based on the example of the observation operator, implementing the monitoring system, the model allows to analyze features of resource sharing between LTE networks and NB-IoT systems.

Keywords: exponential distribution, information transmission, Internet of things, IoT, LTE, narrow-band IoT, Poisson flow, queueing systems, 5G cellular systems