

АНАЛИЗ СРЕДНЕЙ ЗАДЕРЖКИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГИ ПО ПРИЧИНЕ НЕНАДЕЖНОСТИ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ В СЕТИ LTE ¹

Острикова Д.Ю.¹, Иванова А.И.², Севастьянов А.Е.²

¹ Российский университет дружбы народов, dyostrikova@sci.pfu.edu.ru,

² ЗАО «Всесоюзный институт волоконно-оптических систем
связи и обработки информации»

Построена модель соты сети LTE с выходящей из строя БС в виде многолинейной СМО с ненадежными приборами и проведен анализ средней задержки предоставления услуги по причине ненадежности базовой станции в сети LTE.

Ключевые слова: LTE, СМО с ненадежными приборами, средняя задержка предоставления услуги.

Введение

В современном мире увеличиваются потребности пользователей в мультимедийных услугах, предоставляемых операторами мобильной связи. Для удовлетворения этих потребностей все чаще используется технология LTE мобильной передачи данных, так как сети LTE отвечают требованиям надежности и обеспечивают высокие скорости передачи данных.

В стандартах 3GPP предъявляются высокие требования к показателям качества обслуживания пользователей в сетях LTE. При проектировании и тестировании сети оператор, в первую очередь, ориентируется на параметры, перечисленные в типовых сценариях стандартов 3GPP. Тем не менее, на качество услуг оказывают влияние и другие, не указанные в этих спецификациях, параметры, например, сбой в подаче электроэнергии, обнуление данных в таблице распределения радиоресурсов. Все эти параметры, вызванные внешними факторами, выводят базовую станцию из нормального режима работы [1]. В частности, возникновение перечисленных факторов приводит к тому, что временно будут недоступны частотно-временные ресурсы соты. Безусловно, функционирующие сети LTE удовлетворяют условиям надежности, и подобные сбои будут кратковременными. Тем не менее, для услуг, чувствительным к задержкам, время недоступности радиоресурсов может оказаться существенным.

Таким образом, автором построена модель соты сети LTE в виде многолинейной системы массового обслуживания (СМО) с ненадежными приборами и проведен анализ средней задержки предоставления услуги по причине ненадежности системы.

Модель сети LTE с ненадежной базовой станцией

Рассматривается сота сети LTE с пиковой пропускной способностью C единиц канального ресурса (ЕКР) [бит/с], поддерживающая предоставление услуги с требованием в 1 ЕКР [2]. Распределение ЕКР осуществляет БС соты, которая функционирует в ненадежном режиме. БС может выходить из строя во время обслуживания запросов пользователей, вызывая тем самым задержки в предоставлении услуги. Для хранения запросов пользователей имеется буфер емкости r . Отказы БС происходят с интенсивностью α . При отказе БС ни одна ЕКР не может быть выделена для обслуживания запросов пользователей, поэтому предоставление услуги приостанавливается вплоть до момента восстановления БС. После любого отказа, БС восстанавливается с интенсивностью β . После восстановления БС, приоритет будет

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

иметь те пользователи, обслуживание которых было прервано. Предполагается, что отказ и восстановление распределены по экспоненциальному закону. Входящий поток запросов пользователей на предоставление услуги является пуассоновским с интенсивностью λ . При поступлении запроса, БС резервирует свободную ЕКР для его обслуживания. Если же все ЕКР заняты, то запрос помещается в буфер. В случае если в буфере нет свободных мест, запрос блокируется. Время предоставления услуги распределено по экспоненциальному закону со средним $1/\mu$. Услуга будет предоставлена пользователю без прерывания, если за это время не произойдет отказ БС. Если же за время предоставления услуги БС откажет, то возникнет задержка до момента восстановления БС, далее услуга будет предоставляться с того момента, на котором была прервана. Таким образом, данную систему можно описать в виде многолинейной СМО с ненадежными приборами [3]. На рис. 1 представлена схема модели.

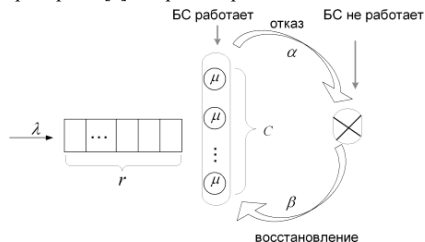


Рис. 1. Схема модели

Распределение вероятностей числа пользователей, ожидающих начала предоставления услуги

Из вероятностно-временных характеристик предложенной модели наибольший интерес представляет среднее время недоступности услуги пользователю, состоящее из среднего времени ожидания начала предоставления услуги и средней задержки предоставления услуги по причине ненадежности системы. Однако формулы для расчета данных характеристик не могут быть получены в явном виде из формулы для расчета среднего времени недоступности услуги пользователю.

Найти среднее время ожидания начала предоставления услуги и среднюю задержку предоставления услуги по причине ненадежности системы позволяет вероятностный подход, основанный на свойствах случайной величины, являющейся минимумом других независимых экспоненциально распределенных случайных величин [4]. Приведем результаты для распределения вероятностей числа пользователей, ожидающих начала предоставления услуги.

Пусть q_n – вероятность того, что n пользователей ожидают начала предоставления услуги. Тогда:

$$q_0 = \sum_{n=0}^C p(0, n) + p(1, 0) + \sum_{i=2} p(i, 0) R_i(i), \quad (1)$$

$$q_n = p(n, C) + \sum_{i=1} p(n+i, 0) R_i(n+i) + p(n+C, 0) \sum_{j=C+1}^{n+C} R_j(n+C), \quad n=1, \dots, r-C, \quad (2)$$

$$q_n = p(n+1, 0) R_1(n+1), \quad n=r-C+1, \dots, r-1, \quad (3)$$

где $P_\alpha(n)$ – вероятность того, что в буфере стало n запросов по причине перехода БС в состояние отказа, $P_\lambda(n)$ – вероятность того, что в буфере стало n запросов в период нахождения БС в состоянии отказа, $R_j(n)$ – вероятность того, что в буфере стало n

запросов в результате перехода в него j запросов по причине отказа БС и поступления $n - j$ запросов за время нахождения БС в состоянии отказа.

$$R_j(n) = P_{\alpha}(j) \prod_{i=j+1}^n P_{\lambda}(i), \quad j = 1, \dots, n, \quad n = 1, r, \dots \quad (4)$$

при этом если $j + 1 > n$, то произведение $\prod_{i=j+1}^n P_{\lambda}(i)$ полагается равным единице.

$$P_{\alpha}(n) = \begin{cases} 1, & n = 1, \\ \frac{\alpha p(0, n)}{\alpha p(0, n) + \lambda p(n-1, 0)}, & n = 2, \dots, C, \\ \frac{\alpha p(n-C, C)}{\alpha p(n-C, C) + \lambda p(n-1, 0)}, & n = C + 1, \dots, r, \end{cases} \quad (5)$$

$$P_{\lambda}(n) = \begin{cases} 0, & n = 1, \\ \frac{\lambda p(n-1, 0)}{\alpha p(0, n) + \lambda p(n-1, 0)}, & n = 2, \dots, C, \\ \frac{\lambda p(n-1, 0)}{\alpha p(n-C, C) + \lambda p(n-1, 0)}, & n = C + 1, \dots, r. \end{cases} \quad (6)$$

Зная распределение вероятностей $q_n, n = 0, \dots, r-1$ можно найти среднее число N пользователей, ожидающих начала предоставления услуги по формуле $N = \sum_{n=1}^{r-1} n q_n$, а затем по формуле Литтла найти среднее время ожидания начала предоставления услуги.

Выводы

Аналогичный вероятностный подход применяется для нахождения средней задержки предоставления услуги по причине ненадежности системы.

Литература

1. Monemian M., Khadivi P., and Palhang M. Analytical model of failure in LTE networks // Proc. of the 9th Malaysia International Conference on Communications MICC-2009 (December 15–17, 2009, Kuala Lumpur, Malaysia). – IEEE. – 2009. – P. 821–825.
2. Бородакий В.Ю., Гудкова И.А., Острикова Д.Ю. Рекуррентный алгоритм расчета среднего времени недоступности услуги пользователю для модели соты сети LTE // Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – М.: Издательский дом Медиа Паблшер. – 2014. – № 11.
3. Климов Г.П. Стохастические системы обслуживания. – М.: Наука, 1966. – 244 с.
4. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания. – М.: РУДН, 1995. – 530 с.

ANALYSIS OF MEAN SERVICE DELAY FOR A MODEL OF BASE STATION FAILURE IN LTE NETWORK

Ostrikova D.Y.¹, Ivanova A.I.², Sevastyanov A.E.²

¹ Peoples' Friendship University of Russia, dyostrikova@sci.pfu.edu.ru,

² JSC "VIVOSS and OI"

We propose a model of base station failure as a multi-service queuing system with unreliable servers and approach for analysis of mean service delay.

Key words: LTE, queuing system with unreliable servers, mean service delay.