

## О МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОРЕСУРСОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ФАЙЛОВ В СЕТЯХ LTE ПО ТЕХНОЛОГИИ МУЛЬТИВЕЩАНИЯ<sup>1</sup>

Самуйлов К.Е., Острикова Д.Ю.

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

*Построена математическая модель распределения радиоресурсов при восстановлении поврежденных файлов в сетях LTE по технологии мультимедийного вещания, получено распределение вероятностей состояний модели, а также формула для расчета среднего времени восстановления поврежденного файла.*

Ключевые слова: LTE, мультимедийное вещание, MBMS, восстановление файлов.

### Введение

В настоящее время в мире продолжается активное распространение сетей беспроводной связи четвертого поколения LTE, поддерживающих высокие скорости передачи данных, что позволяет операторам предоставлять широкий перечень мультимедийных услуг. Однако увеличение спроса на высокоскоростные услуги привело к необходимости решения задачи эффективного использования ограниченного объема частотно-временных ресурсов сети. Подход к решению этой задачи был найден в проводных сетях, в которых при предоставлении аналогичных услуг применяется многоадресный режим (multicast) передачи информации, или технология мультимедийного вещания. В современных сотовых сетях, начиная с третьего поколения (UMTS, 3GPP Release 6) для данной цели была разработана отдельная подсистема MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service), в сетях четвертого поколения (LTE, 3GPP Release 8) эта подсистема получила название E-MBMS (enhanced MBMS) [1].

Выделяют четыре типа услуг мультимедийного вещания: потоковые услуги (аудио, видео), услуги по загрузке файлов, так называемые «карусельные» услуги, являющиеся комбинацией потоковых услуг (текст и неподвижные изображения) и услуг по загрузке файлов, а также телевизионные услуги [1]. При загрузке файлов в сетях LTE зачастую возникают потери или повреждение сегментов этих файлов. Для решения данной проблемы в подсистеме MBMS применяется процедура восстановления поврежденных файлов (file repair procedure). Используются три схемы восстановления файлов [2]: одноадресная схема (unicast), при которой один и тот же сегмент файла передается разным пользователям на разных частотах, широковещательная схема (broadcast), при которой сегменты поврежденного файла передаются на одинаковой частоте всем пользователям сети, и многоадресная схема (multicast), при которой сегменты поврежденного файла передаются на одинаковой частоте только пользователям сети, отправившим запрос на восстановление данного файла. Автором рассматривается многоадресная схема восстановления файлов, поскольку она является наиболее эффективной, т.к. позволяет экономно использовать ресурсы сети и избежать передачи сегментов файла пользователям, не нуждающихся в его восстановлении.

### Модель с эластичным трафиком мультимедийного вещания

В упомянутой выше схеме восстановления файлов после получения запроса от первого пользователя сети о получении поврежденного файла – блока эластичных данных – центр вещательных услуг BM-SC (Broadcast Multicast Service Center) информирует всех пользователей сети о создании группы мультимедийного вещания для передачи

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

поврежденных или потерянных сегментов этого файла. Пользователи, желающие восстановить тот же файл, присоединяются к группе мультивещания. Далее, через определенный временной интервал центр VM-SC передает на одинаковой частоте нужные сегменты файла всем пользователям данной группы [3]. Таким образом, описанную выше многоадресную схему восстановления файлов можно описать СМО

$M|M \uparrow \downarrow |I_i$  с дисциплиной обслуживания  $I_i$  [4].

Рассматривается сеть LTE с пиковой пропускной способностью  $C$  единиц канального ресурса (ЕКР) [бит/с], поддерживающая многоадресную передачу блоков эластичных данных  $K = \{1, \dots, K\}$  типов. Схема модели изображена на рис. 1.

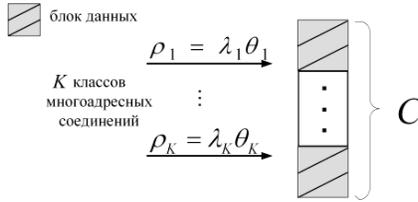


Рис. 1. Схема модели

Нагрузочными параметрами системы являются интенсивность поступления запросов пользователей  $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_K) [c^{-1}]$  на передачу блока эластичных данных, длина блока данных  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_K)$  [бит]. Блоки данных разделяют все свободные ЕКР сети по дисциплине разделения процессора (processor sharing) [5]. Функционирование рассматриваемой системы описывает составной марковский процесс  $\{N(t) := ((N_1(t), \dots, N_K(t)), t \geq 0)\}$  над пространством состояний

$$X := \{n := (n_1, \dots, n_K), n_i \in \{0, 1\}, \dots, n_K \in \{0, 1\}\} :$$

$$n_k \begin{cases} 0, & \text{в системе нет ни одного запроса на передачу блока данных } k\text{-го типа,} \\ 1, & \text{в системе есть хотя бы 1 запрос на передачу блока данных } k\text{-го типа.} \end{cases}$$

Пусть  $(\theta_k \sum_{k \in K} n_k) / C$  – среднее время передачи блока данных  $k$ -го типа в состоянии  $n := (n_1, \dots, n_K)$ . Диаграмма интенсивностей переходов состояния модели представлена на рис. 2.

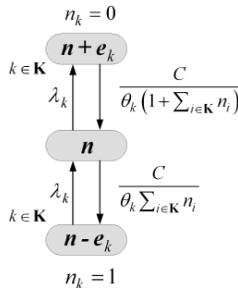


Рис. 2. Диаграмма интенсивностей переходов

Пусть  $\rho_k = \lambda_k \theta_k$  – нагрузка, создаваемая запросами на передачу блока данных  $k$ -го типа, а  $a_k = \frac{\rho_k}{C}$  – доля нагрузки, создаваемая запросами на передачу блока данных  $k$ -го типа на каждую ЕКР. Тогда стационарное распределение вероятностей можно представить в мультипликативном виде:

$$p(\mathbf{n}) = G^{-1} \left( \sum_{k \in \mathbf{K}} n_k \right)! \prod_{k \in \mathbf{K}} a_k^{n_k}, \quad \mathbf{n} \in \mathbf{X}, \quad (1)$$

где  $G = 1/p(\mathbf{0})$  – нормирующая константа.

Основной вероятностно-временной характеристикой модели является среднее время передачи блока эластичных данных  $k$ -го типа, которое можно вычислить по формуле:

$$T_k = \frac{\sum_{\mathbf{n} \in \mathbf{X}} n_k p(\mathbf{n})}{\lambda_k}, \quad k \in \mathbf{K}. \quad (2)$$

### Выводы

В заключение отметим, что в докладе представлены также результаты численного анализа не только среднего времени восстановления поврежденного файла, но и средней скорости передачи файла, а также рекуррентный алгоритм расчета нормирующей константы  $G$ .

### Литература

- 3GPP TS 22.246: Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) user services; Stage 1 (Release 11). – 2012.
- Lai Y.-C., Lin P., Lin Y.-B., Chang L.-T. A File Repair Scheme for UMTS MBMS Service // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – IEEE. – 2008. – Vol. 57, № 6. – P. 3746–3756.
- Бородакий В.Ю., Гудкова И.А., Острикова Д.Ю. Анализ предоставления услуг мультивещания в сетях LTE в виде системы с групповым обслуживанием // Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – М.: Издательский дом Медиа Паблишер. – 2013. – № 11. – С. 50–53.5.
- Gaidamaka Y., Samouylov K. Analytical model of multicast network and single link performance analysis // Proc. 6th Int. Conf. on Telecommunications (CONTEL 2001). Zagreb, Croatia. – 2001. – P. 169–175.
- Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания. – М.: РУДН, 1995. – 530 с.

## A MULTICAST MODEL OF RADIO RESOURCE ALLOCATION FOR FILE REPAIR IN LTE NETWORKS

Samouylov K.E., Ostriкова D.Y.

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

*We propose a mathematical model for analyzing a multicast file repair scheme in LTE networks and the main system characteristic – mean time of file repair process.*

Key words: LTE, multicasting, MBMS, file repair.