

систем и сетей ПД и расчетов параметров оборудования ПД, проводимых методами теории массового обслуживания.

### Литература

1. Аджемов А.С., Васильев А.Б., Кучерявый А.Е. Перспективные направления развития сетей связи общего пользования // Электросвязь. № 10, 2008. – С. 6-7.
2. Тарасов Д.В., Парамонов А.И., Кучерявый А.Е. Особенности видеотрафика для сетей связи следующего поколения // Электросвязь. №1, 2010. – С.37-43.
3. Киреева Н.В., Буранова М.А. Исследование самоподобного трафика с использованием пакета FRACTAN // Т-Comm. №5, 2012. – С. 50-52.
4. Фомин В.В. Статистический анализ IP и VOIP трафика // ИКТ. Т.7, №1, 2009. – С.40-44.
5. Шелухин И.О., Текняшев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. М.: Радиотехника, 2003. – 480 с.
6. <http://mediapure.ru>
7. Буранова М.А. Исследование статистических характеристик самоподобного телекоммуникационного трафика // ИКТ. Т.10, №4, 2012. – С. 35-41.

## THE COMPARATIVE ANALYSIS OF STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE VIDEO TRAFFIC IN NETWORKS OF THE PACKET TRANSMISSION OF DATA

Buranova M.A., Kartashevskiy V.G., Samoilov M.S.,

Results of researches of a traffic of Internet TV and access IPTV level (the subscriber equipment) are presented in article. Laws of distributions of duration of packages and intervals between receipts of packages are received.

**Keywords:** , *Internet TV, self-similar, Hurst's parameter, laws of distributions.*

Буранова Марина Анатольевна, старший преподаватель Кафедры мультисервисных сетей и информационной безопасности (МСИБ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 333-53-50; 8-917-148-23-94. E-mail: buranova@psati.ru

Карташевский Вячеслав Григорьевич, д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой МСИБ ПГУТИ. Тел. (846) 332-41-35, 278-56-48, 339-11-08. E-mail: kartash@psati.ru

Самойлов Михаил Сергеевич, аспирант Кафедры МСИБ ПГУТИ. Тел. 8-917-947-89-42. E-mail: samoilovms@mail.ru

УДК 621.395.44

## АНАЛИЗ ИНДЕКСА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ В СЕТЯХ LTE

*Карташевская Е.С.*

В статье рассматриваются параметры, отражающие качество функционирования сети LTE, такие как индекс распределения нагрузки и количество неудовлетворенных пользователей. Также приведено моделирование поведения индекса распределения нагрузки при помощи нейро-нечеткой логики.

**Ключевые слова:** LTE, индекс распределения нагрузки балансировка нагрузки, нейро-нечеткая логика.

### Введение

В сетях LTE такие сервисы реального времени, как VoIP, IPTV, требуют определенного уровня QoS (Quality of Service – качество обслуживания), который может быть достиг-

нут при определенной выделенной скорости передачи данных. Зачастую функциональные параметры сети определяются исходя из соображений постоянного максимального использования канала. Однако в концепции SON (Self-optimizing Networks) для LTE предполагается установка значений функциональных параметров в зависимости от текущих измерений. В [1] в качестве параметров, отражающих качественное функционирование сети, используются индекс распределения нагрузки и количество неудовлетворенных пользователей, рассматриваемые относительно текущей загрузки одного конкретно взятого eNB (eNodeB) и общей загрузки в сети.

### Индекс распределения нагрузки

Рассмотрим подробнее индекс распределения нагрузки. Виртуальная загрузка конкретного узла  $k$  может быть определена как отношение ресурсов, требуемых для обслуживания пользователей, подключенных к  $k$ , ко всем доступным ресурсам  $N_t$ :

$$\rho_k = \frac{\sum_u N_u}{N_t}, \quad (1)$$

где  $N_u$  – число ресурсных блоков (единица распределения ресурсов в LTE), необходимых для обслуживания одного пользователя. Перегрузка наступает, когда  $\rho_c < 1$ , то есть когда общее количество ресурсных блоков превышает ресурсы eNB. Степень перегрузки как раз можно описывать этим параметром, то есть при  $\rho_k = R$  только  $1/R$ -часть пользователей будет удовлетворена обслуживанием.

Для предотвращения постоянного переключения пользователя между двумя узлами из-за перегрузок вводится параметр общего состояния. Общее состояние представляет собой взвешен-

ное соотношение загрузки узла и средней загрузки соседних узлов. Средняя нагрузка на соседние узлы определяется как:

$$\bar{\rho}_k = \frac{\rho_{1k} + \rho_{2k} + \rho_{3k} + \dots + \rho_{nk}}{n}, \quad (2)$$

а общее состояние есть

$$H_k = w\rho_k + (1-w)\bar{\rho}_k. \quad (3)$$

Параметр  $w$  устанавливает весовые значения загрузки текущего узла  $\rho_k$  и его соседей  $H_k$ . Оптимальное значение  $w$  было установлено как 0,2 [2]. Таким образом, для общего состояния можно записать

$$H_k = 0.2\rho_k + 0.8 \frac{\sum_{j=1}^n \rho_j}{n}. \quad (4)$$

Для оценки производительности сети с учетом балансировки нагрузки можно использовать такой параметр, как индекс распределения нагрузки в сети, который может быть применен для «честного» распределения нагрузки между eNB. Он может быть определен как

Таблица 1. Обучение сети нейро-нечеткой логикой

КП	eNodeB	B3	OC	ИРН
5	eNB 1	0,0147	0,0238	0,9283
	eNB 2	0,0264	0,0171	0,6170
	eNB 3	0,0158	0,0243	0,9399
100	eNB 1	0,2904	0,4694	0,9282
	eNB 2	0,5205	0,3364	0,6169
	eNB 3	0,3075	0,4779	0,9379
120	eNB 1	0,3330	0,5667	0,9149
	eNB 2	0,6254	0,3915	0,6099
	eNB 3	0,3759	0,5755	0,9415
200	eNB 1	0,5618	0,9522	0,9160
	eNB 2	1,0480	0,6590	0,6109
	eNB 3	0,6386	0,9661	0,9443
300	eNB 1	0,8587	1,4251	0,9214
	eNB 2	1,5639	0,9997	0,6145
	eNB 3	0,9486	1,4409	0,9434
400	eNB 1	1,3294	2,1272	0,9307
	eNB 2	2,3334	1,5302	0,6200
	eNB 3	1,4227	2,1513	0,9444

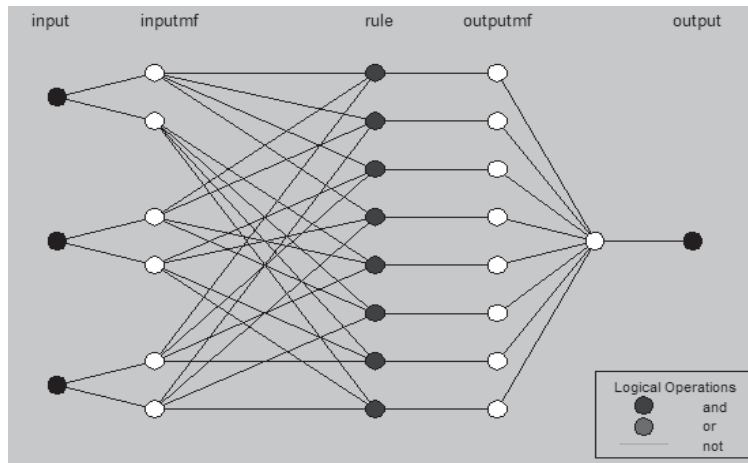


Рис. 1. Общая структура модели индекса распределения нагрузки

$$\mu(t) = \frac{\left( \sum_c \rho_c(t) \right)^2}{N \sum_c (\rho_c(t))^2}, \quad (5)$$

где  $N$  – общее число в сети; принимает значения в интервале  $[1/N; 1]$ . Таким образом, индекс распределения нагрузки равен 1, когда нагрузка в сети полностью сбалансирована. Целью балансировки нагрузки является максимизация  $\mu(t)$  в любой момент времени  $t$ .

Проведем моделирование, показывающее изменение индекса распределения нагрузки в сети в зависимости от общего состояния и загрузки нескольких используемых eNB, при помощи методов нейро-нечеткой логики [2].

Для обучения сети воспользуемся симулятором параметров LTE/LTE-advanced (open source system level simulator) [3]. Данная система позволяет определить значение интересующих параметров в зависимости от числа узлов eNB и количества пользователей. Результаты обучения иллюстрирует таблица 1, где КП – число пользователей; ВЗ – виртуальная нагрузка; ОС – общее состояние; ИРН – индекс распределения нагрузки. В качестве входных данных используем лингвистические переменные, каждая из которых имеет треугольную функцию принадлежности. Для реализации возьмем две нечеткие переменные, описывающие верхнее и нижнее значение. Имея три входа, по паре переменных на каждом, получим восемь правил. Общая структура модели индекса распределения нагрузки показана на рис. 1.

Данная модель состоит из 34 узлов, 8 лингвистических правил, 8 линейных параметров и 18 нелинейных параметров. Таким образом, имея 26

параметров, для достижения приемлемой точности моделирования количество рассматриваемых пар (input – output) должно быть в несколько раз больше. Для тренировки использовалось 84 пары данных. Проверка точности осуществлялась при помощи готовых наборов, случайным образом полученных при помощи все того же симулятора open source system level simulator, для количества пользователей от 4 до 400. Среднее значение ошибки при этом составило 0,005. Результаты проверки приведены на рис. 2.

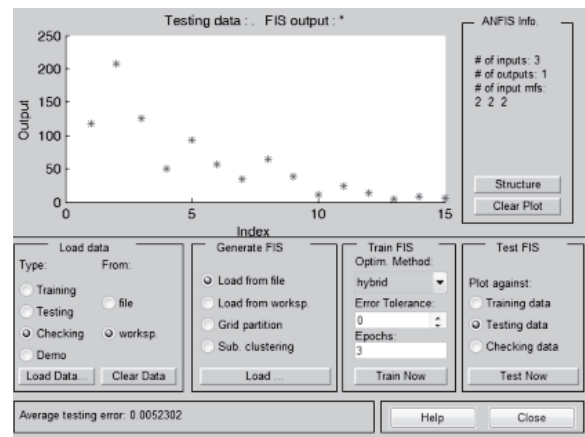


Рис. 2. Проверка результатов моделирования

### Заключение

В общем случае оценка оптимального расположения базовых станций стандартов LTE, WiMAX может потребовать значительных вычислительных затрат, связанных с расчетом большого количества параметров и использованием биоинспирированных алгоритмов [3]. Однако представленные результаты моделирования могут быть использованы для оценивания нагрузки

в сети в контексте использования Self-optimizing network.

### Литература

1. Lobinger A., Stefansk, S.; Jansen T., Balan I. Load Balancing in Downlink LTE Self-Optimizing Networks // IEEE 71st Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring). Taipei, Taiwan, 2010. – P.1-5.
2. Atayero A.A., Luka M.K. A Soft Computing Approach to Dynamic Load Balancing in 3GPP LTE. International // Journal of Computer Applications. Vol.43(19), 2012. – P.35-41.
3. LTE/LTE-Advanced system-level simulator, <https://launchpad.net/imtaphy> (29.08.2013)
4. Ермолаев С.Ю., Карташевский В.Г., Штовба С.Д. // Электросвязь. №12, 2010. – С. 54-58.

## ANALYSIS OF LOAD DISTRIBUTION INDEX IN LTE NETWORKS

Kartashevskaya E.S.

**This paper is about estimation the real parameters of LTE network functionality such as load distribution index. Also we presents calculations of index values using fuzzy logic.**

*Keywords: LTE, load distribution index, load balancing, neuro-fuzzy logic.*

Карташевская Евгения Сергеевна, ассистент Кафедры информатики и вычислительной техники Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. 8-846-342-34-40. E-mail: ka\_es@bk.ru

## ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

УДК: 681.32

### О РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСА ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ КАК ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА В АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МЕТАКОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ

*Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Карамышева Н.С.*

Предложены модели логического управления глобальными вычислительными процессами в вычислительных сетях с агентно-ориентированными облачными метаконьютерными сервисами, основанные на коллективных пересылках данных, что позволяет упростить реализацию массового параллелизма в крупномасштабных прикладных распределенных системах. Предложено для логического управления дискретными процессами использовать формализм асинхронных предикатных сетей, позволяющий провести абстрактный и структурный синтез функциональной архитектуры агентно-ориентированного метаконьютера с реализацией глобальных коллективных и вычислительных операций для группы агентов – виртуальных узлов метаконьютера.

**Ключевые слова:** метаконьютер, облачные вычисления, логическое управление процессами, коллективные и вычислительные операции.

### Введение

Ведущие поставщики облачных сервисов – фирмы Amazon, Sun Microsystems, Microsoft, Google и другие предоставляют различные об-

лачные услуги: хранение данных, в том числе в распределенных хранилищах данных, аренду виртуальных серверов, предоставление вычислительных мощностей, хранение приложений, библиотек и связанных с ними конфигурационных параметров, выбор типа операционной системы, на которой предполагается выполнять приложения, предоставление доступа к высокопроизводительным компьютерам и системам через Internet. Известны также и другие разработчики приложений как сервисов – фирмы Microsoft Dynamics, Salesforce, Taleo, Workday, NetSuite, Oracle, SuccessFactors.

С недавнего времени начали получать применение инфраструктура и облачные сервисы, созданные упомянутыми фирмами, такие как Amazon Web Services – инфраструктура WebServices платформы в облаке и входящий в нее веб-сервис Amazon Elastic Compute Cloud, который предоставляет вычислительные мощности в облаке, Sun Cloud – сервис облачных высокопроизводительных вычислений, Windows Azure – новая серверная операционная система, предлагаемая в качестве платформы для создания