

УДК 004.715

КРИТЕРИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ АБОНЕНТСКОЙ НАГРУЗКИ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ СЕТИ СВЯЗИ ТЕХНОЛОГИИ LTE НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

ЖОЛУДЬ А. В., КОЗЕЛ В. М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: ankazholud@yandex.ru

Аннотация. В докладе рассматриваются основные ключевые показатели эффективности (далее KPI) оценки производительности системы технологии LTE, которые необходимо учитывать при определении создаваемой абонентской нагрузки базовой станции. Рассматриваются корреляционные взаимосвязи между KPI, характеризующими абонентскую нагрузку. А также описание модели авторегрессии скользящего среднего ARIMA для формирования прогнозных данных временного ряда абонентской нагрузки.

Abstract. This paper discusses the main key performance indicators (hereinafter referred to as KPIs) for evaluating the performance of the LTE technology system, which must be taken into account when determining the created subscriber load of the base station. Correlations between KPIs that characterize the subscriber load are considered. As well as a description of the ARIMA moving average autoregression model for generating forecast data for a time series of subscriber loads.

Интенсивное развитие современных сетей передачи информации накладывает жесткие требования к своевременному принятию решений связанных с увеличением их емкости с целью недопущения катастрофических провалов в качестве предоставляемых услуг. Своевременность и правильность принимаемых решений во много зависит от возможности предсказания поведения абонентской нагрузки в элементах сети связи. В связи с вышеизложенным, развитие обсуждаемой темы является актуальной.

Ключевые показатели эффективности для сетей технологии LTE можно разделить на несколько категорий [1]:

- KPI характеристики доступа;
- KPI надежности;
- KPI мобильности;
- KPI характеристики обслуживания;
- KPI доступности;
- KPI использования ресурсов;
- KPI трафика.

Абонентская нагрузка зависит от числа активных пользователей и пропускной способности (скорости) соты, что оказывает влияние на скорость пользователя. Чем больший объем данных передается в единицу времени, тем большее кол-во ресурсных блоков необходимо для функционирования и маршрутизации трафика сети с заданной скоростью.

У любой соты сети сотовой связи любой технологии есть ограниченный ресурс. Из этого очевидно, что чем большее число пользователей одновременно используют ресурсы соты, тем меньше каждому из них достается.

На основании предположений и методов, описанных в [2], можно выбрать несколько KPI, наиболее полно соответствующих определению абонентской нагрузки базовой станции в сети LTE. Абонентская нагрузка зависит от среднего числа активных пользователей и средней пропускной способности (скорости) на соту, что оказывает влияние на среднюю скорость на пользователя. Существенную нагрузку может создавать как один пользователь, передающий большой объем данных, так и большой поток пользователей, передающих небольшие объемы данных. Чем больше трафика передается в единицу времени, тем большее кол-во ресурсных блоков необходимо для функционирования и маршрутизации трафика сети с заданной скоростью. Исходя из этого можно сказать, что KPI среднего числа активных пользователей, средней скорости на соту, средней скорости на пользователя, объема переданных данных и использования ресурсных блоков характеризуют величину абонентской нагрузки в общем смысле.

Среднее число активных пользователей доступно напрямую из счетчика системы производительности [3].

Средняя скорость на соту в DL [4]:

$$CellDLAveThrp = \frac{L.Thrp.bits.DL}{L.Thrp.Time.Cell.DL.HighPrecision}. \quad (1)$$

Средняя скорость на соту в UL [4]:

$$CellULAveThrp = \frac{L.Thrp.bits.UL}{L.Thrp.Time.Cell.UL.HighPrecision}. \quad (2)$$

Объем переданных данных в DL [4]:

$$Traffic_{DL} = \frac{L.Thrp.bits.DL}{8589934592}. \quad (3)$$

Объем переданных данных в UL [4]:

$$Traffic_{UL} = \frac{L.Thrp.bits.UL}{8589934592}. \quad (4)$$

Средняя скорость на пользователя в DL [4]:

$$UserDLAveThrp = \frac{L.Thrp.bits.DL - L.Thrp.DL.LastTTI}{L.Thrp.Time.DL.RmvLastTTI}. \quad (5)$$

Средняя скорость на пользователя в UL [4]:

$$UserULAveThrp = \frac{L.Thrp.bits.UL - L.Thrp.UL.LastTTI}{L.Thrp.Time.UL.RmvLastTTI}. \quad (6)$$

Процент использования ресурсных блоков в DL [4]:

$$RBUR_{DL} = \frac{L.ChMeas.PRB.DL.Used.Avg}{L.ChMeas.PRB.DL.Avail} \times 100\%. \quad (7)$$

Процент использования ресурсных блоков в UL [4]:

$$RBUR_{UL} = \frac{L.ChMeas.PRB.UL.Used.Avg}{L.ChMeas.PRB.UL.Avail} \times 100\%. \quad (8)$$

Корреляционный анализ для оценки степени связанности данных и выявления взаимосвязей между характеристиками абонентской нагрузки для дальнейшего регрессионного анализа и предсказания представлен в виде корреляционной матрицы между KPI в нисходящей линии связи рисунок 1 и доказывает высокую степень связанности данных друг с другом.

Среднюю скорость на соту можно рассматривать как максимальную пропускную способность базовой станции (*eNodeB*). Среднюю скорость на пользователя можно рассматривать как доступную пропускную способность между *UE* и *eNodeB*. Доля использования *PRB* или процент свободных *PRB* можно рассматривать как показатель оценки нагрузки *eNodeB*.

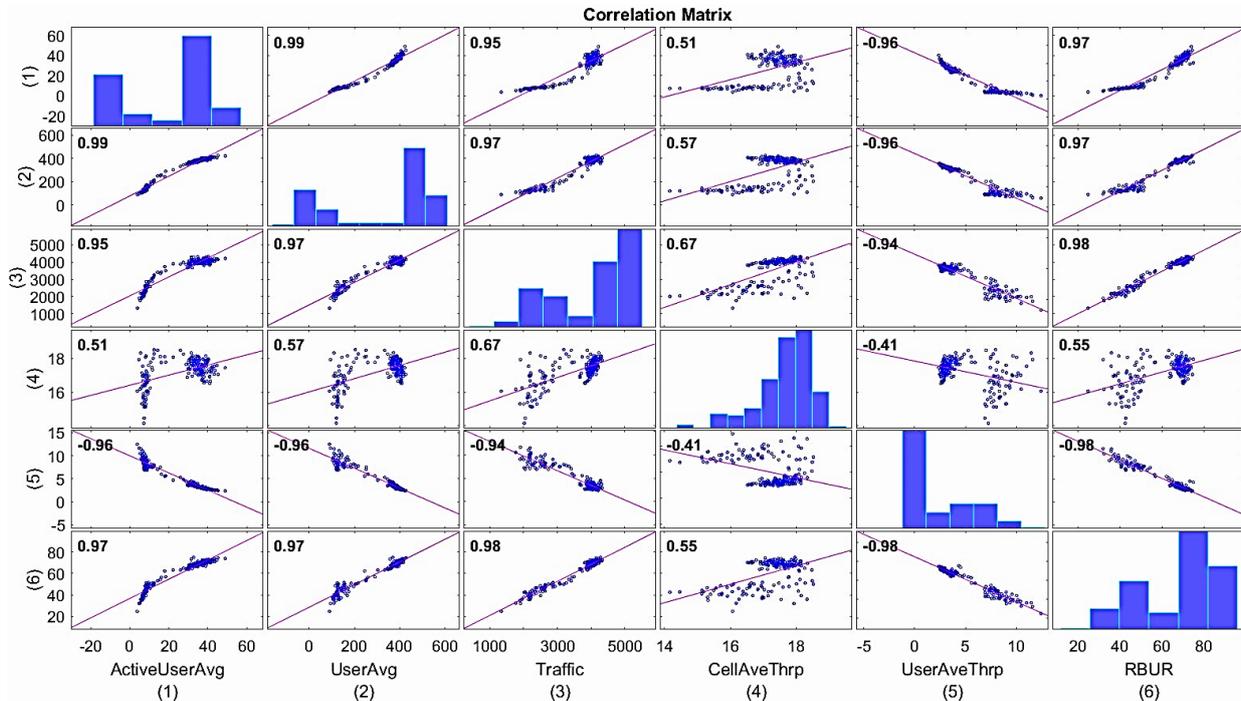


Рис. 1. Корреляционная матрица и графики взаимосвязи в нисходящей линии связи

Выбор KPI счетчиков. Счетчики, определяющие использование ресурсов *PRB*:

- *L.ChMeas.PRB.DL.Used.Avg*;
- *L.ChMeas.PRB.DL.Avail*;
- *L.ChMeas.PRB.DL.Used.Avg*;
- *L.ChMeas.PRB.UL.Avail*.

L.ChMeas.PRB.DL.Used.Avg и *L.ChMeas.PRB.UL.Used.Avg* определяют среднее количество физических ресурсных блоков, использованных в нисходяще и восходящей линиях связи соответственно.

L.ChMeas.PRB.DL.Avail и *L.ChMeas.PRB.UL.Avail* определяют количество физических ресурсных блоков доступных в нисходящей и восходящей линиях связи соответственно.

Счетчики, определяющие передачу данных:

- *L.Thrp.bits.DL*;
- *L.Thrp.Time.Cell.DL.HighPrecision*;
- *L.Thrp.bits.UL*;
- *L.Thrp.Time.Cell.UL.HighPrecision*.

L.Thrp.bits.DL и *L.Thrp.bits.UL* определяют общий объем трафика в нисходящей и восходящей линиях связи соответственно на *PDCP* уровне в соте.

L.Thrp.Time.Cell.DL.HighPrecision и *L.Thrp.Time.Cell.UL.HighPrecision* общее время, в течении которого передаются данные нисходящей и восходящей линиях связи соответственно на *PDCP* уровне в соте.

Счетчики, определяющие количество пользователей:

- $L.Traffic.User.Avg$;
- $L.Traffic.User.Max$;
- $L.Traffic.ActiveUser.Avg$.

$L.Traffic.User.Avg$ определяет отношение среднего числа UE в соте к среднему числу UE в режиме RRC подключения.

$L.Traffic.User.Max$ определяет максимальное число UE в соте.

$L.Traffic.ActiveUser.Avg$ определяет среднее число активных UE в соте.

Измерение пользовательской пропускной способности очень не простая задача и обычно не реализуется в коммерческих продуктах базовых станций, в то время как запланированная пропускная способность проще для вычисления и была стандартизирована $3GPP$ [5].

Используя формулу нахождения запланированной пропускной способности [5] можно вычислить абонентскую нагрузку используя счетчики базовой станции для расчета KPI .

$$\rho = \frac{CellThrp}{UserThrp} \sim \frac{1}{\left(1 - \frac{RBU [\%]}{100}\right)}, \quad (9)$$

где $CellThrp$ – средняя пропускная способность на соту; $UserThrp$ – средняя пропускная способность на пользователя; RBU – доля использованных ресурсных блоков в процентах, %.

Заключение

В практической части работы был вычислен временной ряд, характеризующий абонентскую нагрузку БС, подобраны параметры модели прогнозирования временного ряда $ARIMA$ для мониторинга тренда абонентской нагрузки и своевременного принятия решения о модернизации сети. Приведена оценка подобранной модели.

Методика, полученная в результате научного исследования, поможет в обеспечении контроля нагрузки базовых станции сети связи для своевременной технической поддержки в учете планирования емкости сети сотовой связи.

Список литературы

1. R. Kreher UMTS Performance Measurement. A Practical Guide to KPIs for the UTRAN Environment / R. Kreher - England: John Wiley & Sons Ltd, 2006. – 228 с.
2. Н. И. Листопад Системы и сети цифровой радиосвязи: учеб. Пособие / Н. И. Листопад, В. М. Козел, К. Л. Горбачев [и др.] – М.: Изд-во Гревцова, 2009. – 200 с.
3. G. Arvanitakis and F. Kaltenberger PHY and MAC layer modeling of LTE and WiFi RATs / G. Arvanitakis and F. Kaltenberger [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurecom.fr/publication/4879>
4. Huawei Technologies Co., Ltd eNodeB KPI Reference / Huawei Technologies Co., Ltd – China: Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd., 2012. – 50 с.
5. 3GPP Performance measurements Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN), 3rd Generation Partnership Project (3GPP), TS 32.425, 2016.