

3. Orlov P., Gazizov T.R., Zabolotsky A.M. A new concept of development of integrated sensors for control of electromagnetic environment in spacecraft airborne. *Aviakosmicheskoye Priborostroyeniye*, 2012, no. 5, pp. 20–23. (In Russian)
4. Djordjevic A.R., Sarkar T.K. Analysis of time response of lossy multiconductor transmission line networks. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, 1987, vol. 35, no. 10, pp. 898–907. doi: 10.1109/TMTT.1987.1133776.
5. Achar R., Nakhla M.S. Simulation of high-speed interconnects. *Proc. IEEE*, 2001, vol. 89, no. 5, pp. 693–728. doi: 10.1109/5.929650.
6. Zabolotsky A.M., Gazizov T.R. *Time response of multiconductor transmission lines*. Tomsk, Tomsk State University, 2007. 152 p.
7. Gazizov R.R., Zabolotsky A.M., Orlov P.E. Signal maximum localization in multiconductor transmission lines of printed circuit boards using TALGAT system. *Dokl. Tom. gos. un-ta system upr. i radioelektroniki*, 2015, vol. 38, no. 4, pp. 147–150. (In Russian)
8. Gazizov R.R., Zabolotsky A.M., Gazizov T.T., «Research on ultrashort pulse propagation in microstrip C-section with variated separation between coupled conductors». *Dokl. Tom. gos. un-ta system upr. i radioelektroniki*, vol. 19, no. 1, pp. 79–82, 2016. doi: 10.21293/1818-0442-2016-19-1-79-82. (In Russian).
9. Gazizov R.R., Zabolotsky A.M., Belousov A.O., Gazizov T.R. Voltage maximum localization in bus of printed circuit board of spacecraft autonomous navigation system. *Trudi MAI*, 2016, no. 89, pp. 1–9. (In Russian).
10. Gazizov R.R., Zabolotsky A.M., Gazizov T.R. Ultrashort pulse maximum localization in multiconductor structures. *2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics)*, Omsk, 14–16 November, 2016, pp. 1–5. doi: 10.1109/Dynamics.2016.7819010.
11. Goudos K., Kalialakis C., Mittra R. Evolutionary algorithms applied to antennas and propagation: A review of state of the art. *Hindawi Publishing Corporation Int. J. of Antennas and Propagation Volume*, 2016, pp. 1–12, article ID 1010459. doi: 10.1155/2016/1010459.
12. Haupt R.L., Werner D.H. *Genetic Algorithms in Electromagnetics*. New York, NY: Wiley-Interscience, 2007. 320 p.

Received 15.03.2017

УДК 654.165

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГ СОТОВОЙ СВЯЗИ В ТОМСКЕ

Шмаков Д.Б.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, РФ
E-mail: dshrfc@gmail.com

Проведена комплексная оценка качества услуг сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS и LTE в Томске, а также оценка качества покрытия этих сетей. Представлены полученные на основе измерений данные об основных показателях качества услуг различных операторов сотовой связи. Сделаны выводы о фактическом качестве услуг сотовой связи в Томске.

Ключевые слова: качество связи, качество покрытия сетей сотовой связи

Введение

Сотовая связь в современном мире имеет, безусловно, исключительно большое значение. Без преувеличения можно сказать, что практически каждый житель РФ сегодня является абонентом той или иной сети мобильной связи. По данным Минсвязи РФ, на конец 2015 г. телефонная плотность (проникновение) подвижной радиотелефонной связи на 100 чел. составляет 193,8 абонентских устройств [1].

Одним из важнейших направлений развития отрасли связи является обеспечение удовлетворенности потребителей качеством услуг связи и возможности осознанного выбора поставщиков услуг. Для реализации данного направления необходимо обеспечить решение задач управления качеством связи [2]. Исследования качества сотовой связи с использованием драйв-тестов нашли широкое применение в России и за рубежом: в Белоруссии [3], Англии [4], Германии [5] и других странах. Такие исследования проводят-

ся как производителями оборудования и операторами связи, так и местными администрациями связи.

С целью получения объективной оценки качества услуг сотовой связи в Томске специалистами ФГУП РЧЦ ЦФО в период с 08.12.2015 г. по 25.01.2016 г. проведены измерения по методике [6]. Результаты проведенных измерений обобщены и находятся в свободном доступе в Internet [7]. Следует отметить, что столь масштабные работы по оценке качества сотовой связи проводились на территории г. Томска впервые, и пока отсутствует подробный анализ полученных данных.

Между тем проведение такого анализа целесообразно для получения сведений о фактическом качестве связи, которые могут быть полезны населению при выборе оператора сотовой связи, а также самим операторам в целях корректировки планов развития сетей. Отдельные материалы, содержащие анализ полученных результатов, опубликованы в [8-9], тогда как описание установок, применявшихся при проведении измерений,

принципов их работы, использованных измерительных методов осталось должным образом не раскрытым.

Цель статьи – комплексная оценка качества услуг сотовой связи в г. Томске.

Методика проведения измерений

Измерения с использованием мобильных измерительных комплексов (драйв-тесты) проводились в пределах административной границы города Томска в рабочие дни в интервале с 8 до 22 часов по местному времени. В ходе тестирования были охвачены все основные транспортные магистрали города, производились также заезды во внутренние территории микрорайонов и дворовых территорий. Общий пробег измерительного комплекса составил более 4700 км.

Согласно проекту «Концепции управления качеством связи в Российской Федерации», подобные драйв-тесты являются наиболее объективным способом оценки и выполняются по единым утвержденным методикам с применением

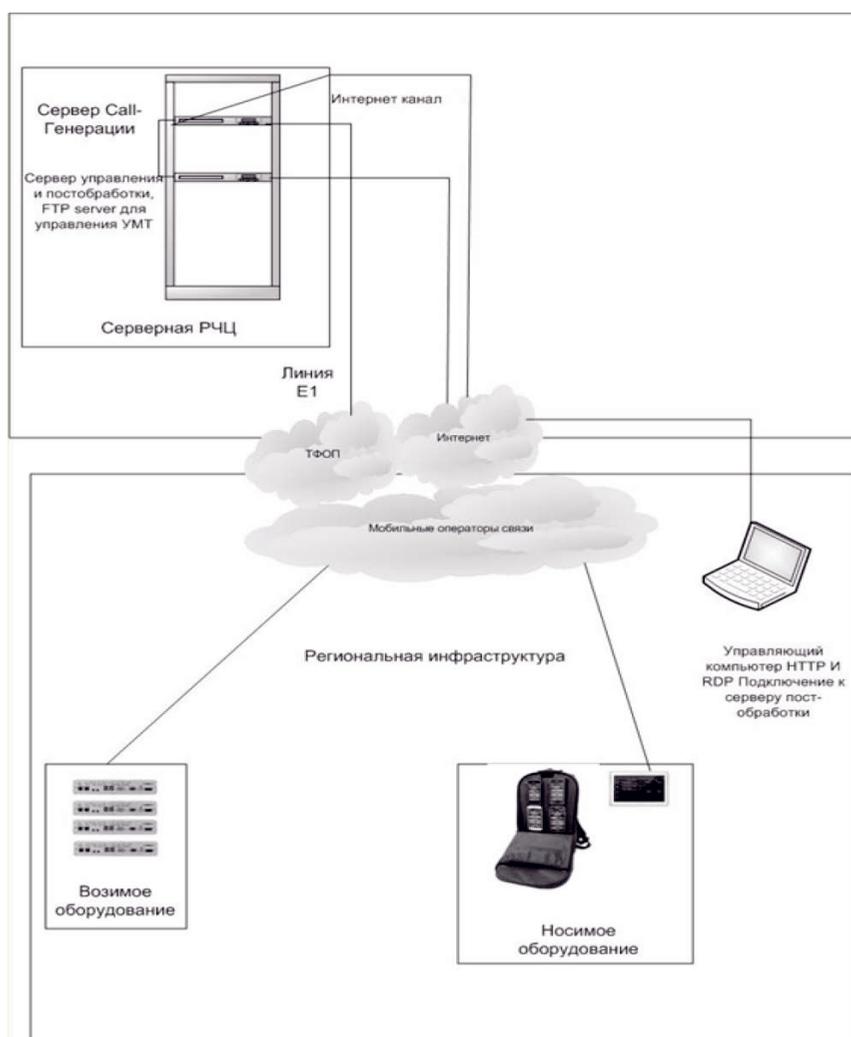


Рис. 1. Схема прохождения тестового трафика

технических испытательных средств – тестовых комплексов. Функционально они являются специализированным абонентским оборудованием, имеющим наиболее полную функциональность и поддерживающим все реализованные на сети связи технологии, режимы работ, диапазоны частот [2].

Драйв-тесты проводятся квалифицированным персоналом, а методики испытаний предписывают вполне определенный порядок их проведения при большом количестве тестовых проб для достижения требуемой достоверности результатов. Этим обеспечивается возможность получения оценок, наиболее полно отражающих потенциально возможное качество услуг связи, предоставляемое оператором. Драйв-тесты являются весьма затратным по стоимости и времени способом оценки качества, что ограничивает возможности их регулярного или массового использования [2].

Приведем описание состава и конфигурации измерительного оборудования. Оборудование тестирования (мониторинга) параметров услуг подвижной радиотелефонной связи (далее – РКОТ) представляет собой радиоизмерительный комплекс с централизованной системой хранения и обработки результатов тестирования, предназначенный для проведения оценочных испытаний и последующей обработки для вычисления значений показателей качества услуг связи в сетях подвижной радиотелефонной связи стандартов GSM, UMTS, LTE.

Схема прохождения тестового трафика при проведении оценочных измерений при тестировании голосовых услуг и услуг передачи данных представлена на рис. 1.

РКОТ включает следующие компоненты:

- возимое радиоконтрольное оборудование: устанавливаемые в автомобиле удаленные модули тестирования (далее ВУМТ) или модули RTU (Remote Test Unit) – для постоянного мониторинга качества предоставляемых услуг;
- носимое радиоконтрольное оборудование: переносимые удаленные модули тестирования (далее НУМТ) или модули TPR (Test Mobile System Pocket Remote) для проведения контроля показателей качества голосовых сервисов и сервисов передачи данных внутри зданий и в пешеходных зонах;
- локальный модуль для настройки и контроля тестовых устройств ВУМТ;
- локальный модуль для настройки и контроля тестовых устройств НУМТ;
- серверное оборудование.

Рассмотрим подробнее состав вышеназванных компонентов РКОТ. Возимое радиоконтрольное оборудование РКОТ включает модули для тестирования ВУМТ (5 шт.) Состав отдельного ВУМТ:

- голосовой модем Ericsson F3607 EU (2 шт.);
- модем для передачи данных Sierra Wireless MC7710 (1 шт.);
- GPS антенна (1 шт.);
- LAN роутер, 5 портов (1шт.);
- сканер сетей сотовой связи PCTel SeeGull (1 шт.);
- сканер сетей R&S TSMW (1шт.);
- адаптер питания 110\220 В (4 шт.);
- блок бесперебойного питания (1 шт.);
- внешняя GPS антенна (5 шт.);
- внешняя антенна PCTel Z3438 (6 шт.);
- делитель мощности MTS Power Divider LT4-544P-A21\4 (4 шт.);
- комплект батарей 11200 мА/ч;
- специальное программное обеспечение РКОТ.

Носимое радиоконтрольное оборудование РКОТ включает:

- модули тестирования НУМТ Sony Xperia V LT25i – для проведения контроля показателей качества голосовых сервисов и сервисов передачи данных внутри зданий и в пешеходных зонах;
- управляющий планшет TEMS Pocket Premium Samsung Note 10 LTE – для локальной настройки и управления модулями тестирования TPR.

Отметим, что все тестовые модули поддерживают технологии GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA, HSPA+, LTE.

Серверное оборудование включает в себя:

- сервер аппаратного обеспечения бенчмаркинга и тестирования (мониторинга) параметров услуг подвижной связи, а также хранения и постобработки данных;
- сервер для тестирования параметров передачи речи, а также услуг передачи данных.

На территории г. Томска в настоящее время действуют сети четырех операторов сотовой связи: ПАО «ВымпелКом» (далее – Beeline), ПАО «МегаФон» (далее – Megafon), ПАО «МТС» (далее – MTS), ООО «Т2-Мобайл» (далее – Tele2). При оценке качества связи в сетях этих операторов оценивалось как качество покрытия (по уровню принимаемого абонентским терминалом сигнала от базовой станции), так и ряд специфических параметров качества, определенных в [6].

Результаты измерений

Данные о качестве покрытия в сетях связи стандартов GSM 900/1800 (см. таблицу 1) и UMTS (см. таблицу 2) приведены по каждому действующему на территории г. Томска оператору сотовой связи. Качество покрытия в сетях стандарта GSM определялось по уровню RSSI (Received Signal Strength Indicator), в сетях стандарта UMTS – по уровню RSCP (Received Signal Code Power). Отметим, что согласно [10] значение RSSI плохо коррелирует с качеством связи и может служить лишь для его приблизительной оценки.

В таблице 3 приведены данные о качестве покрытия в сетях связи стандарта LTE только по двум операторам связи, на момент проведения измерений имевших введенные в эксплуатацию на территории г. Томска сети стандарта LTE. Для Megafon оценка проводилась совместно с базовыми станциями ООО «Скартел» (бренд «Йота»). Она представляется справедливой, поскольку в настоящее время «Йота» является виртуальным оператором (MVNO) на сети Megafon. Для оценки качества покрытия в сетях LTE операторов MTS и Megafon проводились измерения параметра RSRP (Reference Signal Received Power).

Использованные в таблицах 1-3 названия оценочных категорий качества покрытия выступают лишь в качестве обобщенных наименований и служат исключительно для удобства ссылки на них и поэтому приводятся в кавычках. Графические данные о покрытии для стандартов GSM 900/1800, UMTS и LTE размещены на сайте [7]. Примеры таких данных для сетей Megafon и MTS стандарта LTE приведены на рис. 2.

В таблицах 4–6 представлены данные оценки специфических параметров качества, определенных в методике [6]. Указанная методика дает подробные инструкции для определения параметров качества связи, поэтому целесообразно описать лишь некоторые ключевые параметры, приведенные в таблице 4. В этой таблице приведены значения следующих параметров:

1. Доля неуспешных попыток установления голосового соединения (Voice Service Non-Accessibility, VSNA) определяется как

$$VSNA = (Q / N) 100\%, \quad (1)$$

где Q – общее число неуспешных попыток установления голосового соединения, N – общее число тестовых голосовых соединений.

Успешной считалась попытка установления голосового соединения в случае, когда передающий терминал фиксирует сигнал контроля посылки вы-

зова, а приемный терминал – сигнал вызова. Передающий терминал может получить сигнал «занято» или сигнал ответа может отсутствовать из-за проблем в сети (даже когда приемный терминал зарегистрирован в сети и не занят). В этом случае попытка рассматривалась как неуспешная.

2. Доля обрывов голосовых соединений (Voice service cut-off ratio, VSCR) определяется как

$$VSCR = (R / N) 100\%, \quad (2)$$

где R – число соединений, закончившихся не по инициативе тестового терминала, N – общее число успешно установленных голосовых соединений.

3. Средняя разборчивость речи на соединение (Voice Speech Quality on Call basis (MOS POLQA)) отражает качество речи в установленном голосовом соединении для каждого тестового терминала в обоих направлениях. Является средней оценкой, воспринимаемой абонентами разборчивости передаваемых тестовых речевых последовательностей. Для оценки качества голосовых соединений (разборчивости речи) в проведенных измерениях использовалась модель POLQA (Perceptual Objective Listening Quality Assessment), описанная рекомендацией МСЭ Р.863. Данная модель используется для оценки качества речи с применением автоматизированных методов анализа (без участия экспертов).

Результат представляется в виде оценки по шкале от 1 («плохо») до 5 («отлично») как это принято для субъективной оценки MOS (Mean Opinion Score). Этот показатель оценивался без учета голосовых соединений по сетям LTE.

4. Доля голосовых соединений с низкой разборчивостью речи (Negative MOS samples ratio, NMSR) определяется как

$$NMSR = (M / N) 100\%, \quad (3)$$

где M – число принятых тестовых речевых последовательностей с оценкой разборчивости речи менее 2,6 по модели POLQA; N – общее число тестовых речевых последовательностей.

Параметры, приведенные в таблице 6, измерялись суммарно по сетям всех стандартов (GSM, UMTS, LTE – при наличии), принадлежащих одному и тому же оператору. В таблице 7 приведены справочные данные об объеме проведенных измерений.

Выводы

1. На данный момент обеспечено 100% покрытие территории Томска сетями сотовой связи второго поколения (стандартов GSM 900/1800)

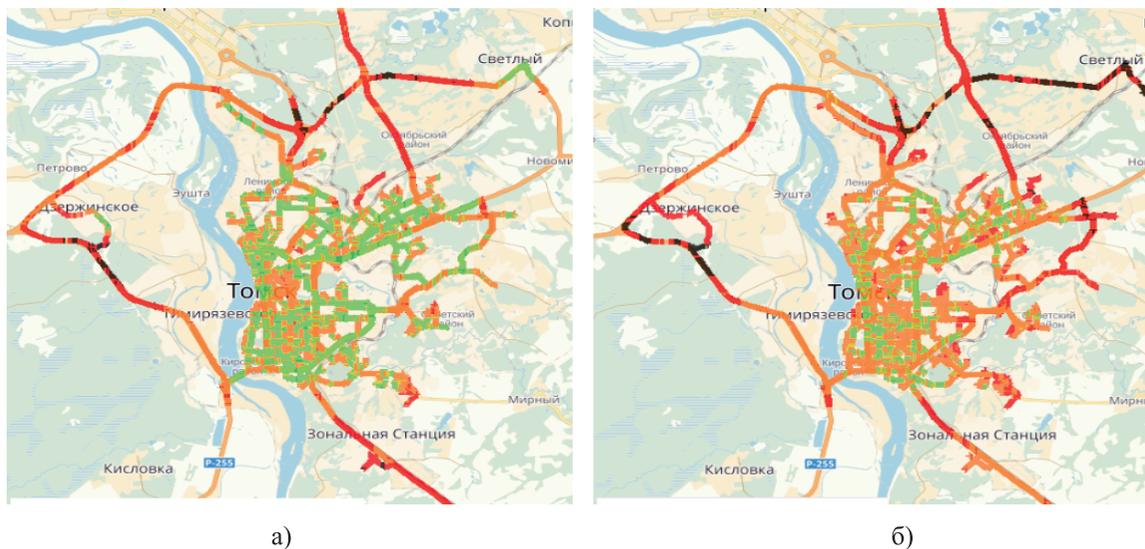


Рис. 2. Графическое отображение данных о качестве покрытия в сетях связи: а) Megafon; б) MTS стандарта LTE

Таблица 1. Данные о качестве покрытия в сетях связи стандартов GSM 900/1800 в г. Томске

№ п/п	Оценочная категория	Уровень RSSI, дБм	Доля в покрытии оператора по территории, %			
			Beeline	Megafon	MTS	Tele2
1	«Хорошо»	-70 и более	99,49	99,82	99,64	98,9
2	«Норма»	[-81; -70)	0,50	0,18	0,35	1,04
3	«Неуверенно»	[-85; -81)	0,01	0	0	0,04
4	«Плохо»	[-95; -85)	0	0	0,01	0,02
5	«Неудовлетворительно»	[-110; -95)	0	0	0	0
6	«Отсутствует»	менее -110	0	0	0	0

Таблица 2. Данные о качестве покрытия в сетях связи стандарта UMTS в г. Томске

№ п/п	Оценочная категория	Уровень RSCP, дБм	Доля в покрытии оператора по территории, %			
			Beeline	Megafon	MTS	Tele2
1	«Хорошо»	-60 и более	44,6	42,09	36,06	51,48
2	«Норма»	[-70; -60)	31,43	30,63	37,68	26,03
3	«Неуверенно»	[-80; -70)	17,14	20,99	20,68	17,55
4	«Плохо»	[-90; -80)	4,62	5,35	4,24	4,08
5	«Неудовлетворительно»	[-105; -90)	2,04	0,89	1,23	0,8
6	«Отсутствует»	менее -105	0,18	0,06	0,11	0,06

Таблица 3. Данные о качестве покрытия в сетях связи стандарта LTE в г. Томске

№ п/п	Оценочная категория	Уровень RSRP, дБм	Доля в покрытии оператора по территории, %			
			Beeline	Megafon	MTS	Tele2
1	«Норма»	[-60; -40)	–	1,54	0,01	–
2	«Неуверенно»	[-80; -60)	–	46,24	16,7	–
3	«Плохо»	[-100; -80)	–	42,37	68,8	–
4	«Неудовлетворительно»	[-120; -100)	–	9,5	12,5	–
5	«Отсутствует»	Менее -120	–	0,35	1,99	–

Таблица 4. Показатели качества услуг подвижной радиотелефонной связи в части голосового соединения

№ п/п	Параметр качества	Требование к граничным значениям	Оператор			
			Beeline	Megafon	MTS	Tele2
1	Доля неуспешных попыток установления голосового соединения (Voice service non-accessibility), %	не более 5	0,3	0,4	0,4	0,3
2	Доля обрывов голосовых соединений (Voice service cut-off ratio), %	не более 5	0,4	0,7	1,7	0,1
3	Средняя разборчивость речи на соединение (Speech quality on call basis (MOS POLQA))	не менее 2,6	4,1	4,1	4,0	3,9
4	Доля голосовых соединений с низкой разборчивостью речи (Negative MOS samples ratio, MOS POLQA < 2,6), %	–	0,5	1,4	1,2	0,5

Таблица 5. Показатели качества услуг подвижной связи в части передачи коротких текстовых сообщений

№ п/п	Параметр качества	Оператор			
		Beeline	Megafon	MTS	Tele2
1	Доля недоставленных SMS сообщений, %	0,1	0,1	0,6	0,0
2	Среднее время доставки SMS сообщений, с	3,0	3,6	3,5	3,5

Таблица 6. Показатели качества услуг связи по передаче данных (за исключением голосовой информации)

№ п/п	Параметр качества	Требование к граничным значениям	Оператор			
			Beeline	Megafon	MTS	Tele2
1	Доля неуспешного TCP/IP соединения с сервером (HTTP IP-Service Access Failure Ratio), %	не более 6	0,7	1,4	0,7	0,3
2	Доля неуспешных сессий по протоколу HTTP (HTTP Session Failure Ratio), %	–	0,8	1,5	0,8	0,3
3	Среднее значение скорости передачи данных к абоненту (HTTP DL Mean User Data Rate), кб/с	не менее 80	5372,8	10347,4	10000,9	7982,3
4	Продолжительность успешной сессии (HTTP Session Time), мс	–	11,66	9,54	8,54	10,85

Таблица 7. Справочная информация

№ п/п	Параметр качества	Оператор			
		Beeline	Megafon	MTS	Tele2
1	Общее число тестовых голосовых соединений	7 878	7 870	7 834	7 859
2	Общее число голосовых последовательностей в оцениваемых соединениях (POLQA)	148 451	138 380	145 811	148 454
3	Число голосовых соединений с низкой разборчивостью (Negative MOS samples Count, MOS POLQA < 2,6)	738	1 875	1 800	756
4	Общее число отправленных SMS-сообщений	1 474	1 490	1 443	1 424
5	Общее число попыток соединений с сервером передачи данных HTTP (загрузка файлов)	1 592	2 568	2 247	1 828
6	Общее число тестовых сессий по протоколу HTTP (Web-browsing)	3 129	4 978	4 347	3 636

четырёх операторов сотовой связи. Большая часть территории, покрытой этими сетями, может быть отнесена к категориям уровня сигнала «хорошо» и «норма»: 99,99% у Beeline, 100% у Megafon, 99,99% у MTS, 99,94% у Tele2. Уровень принимаемого сигнала в этих сетях практически одинаков у всех представленных операторов на всей исследованной территории.

2. Покрытие территории г. Томска сетями третьего поколения UMTS в настоящее время обеспечивается сетями связи четырёх операторов мобильной связи. Покрытие сетями стандарта UMTS в целом на территории г. Томска обеспечено: на 99,82% у Beeline, 99,94% у Megafon, 99,89% у MTS, 99,94 у Tele2. Уровень принимаемого сигнала в этих сетях, однако, существенно разнится по районам Томска и операторам. Распределение уровня сигнала неравномерное. Имеются проблемные участки с уровнем сигнала ниже категории «неуверенно»: 6,84% у Beeline, 6,3% у Megafon, 5,58% у MTS, 4,94% у Tele2. Эти участки определены, нанесены на карту г. Томска, с которой можно ознакомиться в Internet [7].

3. Практически на всей территории г. Томска обеспечено покрытие сетями стандарта LTE: 99,65% территории для Megafon и 98,01% территории для MTS. Большая часть покрытия может быть отнесена к оценочным категориям «неуверенно» и «плохо»: 88,61% территории для Megafon и 85,5% территории для MTS. Доли оценочных категорий «отлично», «хорошо» и «норма» крайне незначительны у обоих операторов: 1,54% территории для Megafon и 0,01% территории для MTS.

4. Средняя разборчивость речи на соединение у всех операторов не ниже граничного значения (2,6), практически не различается по операторам и оценивается по модели POLQA как «хорошая». Значения параметров «Доля неуспешных попыток установления голосового соединения» и «Доля обрывов голосовых соединений» также не превышают граничных значений ни у одного из операторов.

5. Наибольшая доля недоставленных SMS-сообщений у MTS (0,6%), наименьшая у Tele2 (0,0%). Среднее время доставки SMS-сообщений примерно одинаково у всех операторов.

6. Параметр «Среднее значение скорости передачи данных к абоненту» у операторов Megafon и MTS существенно (в 1,5-2 раза) выше, чем у Beeline и Tele2, что можно объяснить наличием у Megafon и MTS введенных в эксплуатацию сетей связи четвертого поколения (LTE).

7. Наличием сетей стандарта LTE, вероятно, можно объяснить и сравнительно высокие значения параметров «Доля неуспешного TCP/IP соединения с сервером» и «Доля неуспешных сессий по протоколу HTTP» у операторов Megafon и MTS, так как качество покрытия сетей стандарта LTE остается низким [7].

8. Карты покрытия сотовой связи, полученные в ходе данного исследования, могут быть использованы абонентами для осознанного выбора поставщика услуг связи. Каждый житель г. Томска получил возможность сопоставить места своего преимущественного пребывания в течение суток с картами покрытия и выбрать оператора сотовой связи, используя данные объективного контроля.

Заключение

Проведение подобных исследований представляется полезным с практической точки зрения: публикация результатов объективного контроля повышает информированность потребителей о качестве услуг связи, способствует добросовестной конкуренции поставщиков услуг связи и, в конечном итоге, служит важным фактором развития инфраструктуры связи. Планируется продолжение исследований качества сотовой связи на территории отдельных населенных пунктов Томской области, а также точечная оценка качества сотовой связи в учебных заведениях г. Томска.

Литература

1. Статистика отрасли. Официальный сайт Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации // URL: <http://minsvyaz.ru/ru/activity/statistic/statistika-otrasli> (д.о. 01.12.2016).
2. Концепция управления качеством связи в Российской Федерации (проект) // Официальный сайт Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации // URL: <http://minsvyaz.ru/ru/documents/4668> (д.о. 01.12.2016).
3. Результаты драйв-тестов в сетях GSM/UMTS за 3 квартал 2016 года // Официальный сайт БЕЛГИЭ Республиканское унитарное предприятие по надзору за электросвязью // URL: <http://belgie.by/ru/reports> (д.о. 01.12.2016).
4. Measuring mobile broadband performance in the UK, 4G and 3G network performance // OfCom. URL: https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0014/32054/mbb-nov14.pdf?lang=en (д.о. 01.12.2016).

5. LTE drive tests in one of Germany's first research mobile radio networks // Rohde&Schwarz. https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_news_from_rs/200/N200_TSMW_e.pdf (д.о. 01.12.2016)
6. Методика оценки качества услуг подвижной радиотелефонной связи // Официальный сайт Министерства связи и массовых коммуникаций РФ. URL: <http://minsvyaz.ru/ru/documents/4473> (д.о. 01.12.2016)
7. Качество связи в Томске // Качество связи. URL: <http://качествосвязи.рф/sfo/tomsk.html>, свободный (д.о. 01.12.2016).
8. Шмаков Д.Б. Анализ качества покрытия сетей связи стандарта LTE в Томске // Материалы 22 МНПК «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-22-2016)». Томск, октябрь 2016. – С. 139-142.
9. Шмаков Д.Б. Комплексная оценка качества услуг сотовой связи в Томске // Материалы XII МНПК «Электронные средства и системы управления». Ч. 1. Томск, 2016. – С. 40-42.
10. Kannan Srinivasan, Philip Levis. RSSI is Under Appreciated // URL: <https://sing.stanford.edu/pubs/rssi-emnets06.pdf>

Получено 10.03.2017

Шмаков Дмитрий Борисович, аспирант Кафедры телевидения и управления Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Тел. 8-913-807-84-63. E-mail: dshrfc@gmail.com

INTEGRATED ASSESSMENT OF CELLULAR NETWORKS SERVICE QUALITY IN TOMSK

Shmakov D.B.

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation

E-mail: dshrfc@gmail.com

The paper presents the integrated assessment of quality of service in GSM 900/1800, UMTS and LTE mobile networks deployed in Tomsk and analyzes the coverage quality of the networks. The author suggests the results of key quality indicators measurement for the mobile telecommunications operators in Tomsk and draws conclusions about the actual quality of the cellular services. This study used drive-tests to perform the measurements and obtain the results. The measuring equipment is described in details. Some aspects of the measurement procedure are outlined. The results can be used both by Tomsk residents to make an informed choice of mobile operator and by mobile operators to revise their network development prospect.

Keywords: quality of service, coverage quality of cellular networks

DOI: 10.18469/ikt.2017.15.2.11

Shmakov Dmitry Borisovich, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40 Lenina Prospect, Tomsk, 634050, Russian Federation; PhD student of the Department of Television and Control. Tel.: +79138078463. E-mail: dshrfc@gmail.com

References

1. Statistika otrasli [The branch statistics]. Available at: <http://minsvyaz.ru/ru/activity/statistic/statistika-otrasli> (accessed 01.12.2016).
2. Konceptsiya upravleniya kachestvom svyazi v Rossijskoj Federacii (proekt) [The conception of the quality of service management]. Available at: <http://minsvyaz.ru/ru/documents/4668> (accessed 01.12.2016).
3. Rezul'taty drajv-testov v setyah GSM/UMTS za 3 kvartal 2016 goda [The results of drive-tests in GSM/UMTS networks by the 3rd quarter of 2016]. Available at: <http://belgie.by/ru/reports> (accessed 01.12.2016).
4. Measuring mobile broadband performance in the UK, 4G and 3G network performance. Available at: https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0014/32054/mbb-nov14.pdf?lang=en (accessed 01.12.2016).
5. LTE drive tests in one of Germany's first research mobile radio networks. Available at: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_news_from_rs/200/N200_TSMW_e.pdf (accessed 01.12.2016).

6. Metodika ocenki kachestva uslug podvizhnoj radiotelefonnoj svyazi [The methodology for the quality of service assessment in telecommunication networks]. Available at: <http://minsvyaz.ru/ru/documents/4473> (accessed 01.12.2016).
7. Kachestvo svyazi v Tomske [The quality of service in telecommunication networks in Tomsk]. Available at: <http://качествосвязи.рф/sfo/tomsk.htm> (accessed 01.12.2016).
8. Shmakov D.B. Analiz kachestva pokrytiya setej svyazi standarta LTE v Tomske [The analysis of coverage quality in LTE networks in Tomsk]. *Materialy 22 MNPК "Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri"*, 2016, pp. 139-142.
9. Shmakov D.B. Kompleksnaya ocenka kachestva uslug sotovoj svyazi v Tomske [The integrated assessment of quality of service in telecommunication networks in Tomsk]. *Materialy 22 MNPК "Electronic means and control systems"*, 2016, part 1, pp. 40-42.
10. Srinivasan K., Levis P. *RSSI is Under Appreciated*. Available at: <https://sing.stanford.edu/pubs/rssi-emnets06.pdf> (accessed 01.12.2016).

Received 10.03.2017

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 519.24; 519.7; 57.017

СНИЖЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗМЕРУ ТЕСТОВОЙ ВЫБОРКИ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МНОГОМЕРНЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ БАЙЕСА

Иванов А.И.¹, Ложников П.С.², Сулашко А.Е.², Серикова Ю.И.³

¹*Пензенский научно-исследовательский электротехнический институт, Пенза, РФ.*

²*Омский государственный технический университет, Омск, РФ.*

³*Пензенский государственный университет, Пенза, РФ.*

E-mail: ivan@pniei.penza.ru

Рассмотрена проблема повышения надежности процедур биометрической аутентификации путем настройки сетей квадратичных форм и функционалов Байеса с использованием малой тестовой выборки. На малых тестовых выборках коэффициенты корреляции биометрических данных имеют значительную погрешность. Это препятствует их использованию при обучении (настройке) классических квадратичных форм и сетей Байеса. Показано, что многомерные корреляционные функционалы Байеса могут быть модифицированы под использование одинаково коррелированных по модулю биометрических данных. Предложено воспользоваться приемом симметризации корреляционных связей. Доказано, что в этом случае требования к объему биометрических данных существенно снижаются. Как следствие, настройка (обучение) квадратичных форм и сетей наибольшего правдоподобия Байеса становятся гораздо более устойчивыми задачами. Приведены графики, позволяющие оценить, насколько удастся снизить размеры выборки биометрических данных.

Ключевые слова: биометрическая идентификация, квадратичные формы, многомерные функционалы Байеса, сети квадратичных форм, сети функционалов Байеса

Введение

Одной из важнейших проблем современной науки и техники является проблема плохой обусловленности большинства вычислительных алгоритмов. Иногда эту проблему образно называют «проклятием размерности». Наиболее глубоко проблема «проклятия размерности» изучена применительно к задаче решения систем линейных уравнений или обращения матриц [1-2]. Введен

и широко используется специальный параметр контроля «качества матрицы»: число обусловленности $\text{cond}[A]$. Параметр $\text{cond}[A]$ может изменяться в пределах от 1 до ∞ и по своей сути является коэффициентом усиления погрешности исходных данных. При $\text{cond}[A] = 1$ погрешность исходных данных не усиливается, при $\text{cond}[A] > 1$ погрешность конечного результата увеличивается пропорционально числу обусловленности.