

УДК 004.451.6

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЕТИ СВЯЗИ
МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТА LTE**

К.Дж. Боскебеев, Ж.Б. Мамадалиева

Приведен обзор существующего программного обеспечения, представлена теоретическая модель сети связи. Разработана информационная система (ИС) расчета основных параметров связи стандарта LTE с целью управления радиочастотным спектром мобильной связи. При различных параметрах приемника передатчика базовой станции получены разные решения по выбору связи. При выборе вариантов решения, принимаются во внимание его надежность и стоимость. Информационная система реализована на языке C# в Visual Studio 2012. Показан исходный код программы, которая позволяет автоматизировать работу проектировщика сети связи.

Ключевые слова: мобильная связь; стандарт LTE; метод Окумура-Хата; параметры; проектирование; радиус сот; потери; нагрузка в сети.

**LTE СТАНДАРТЫНДАГЫ МОБИЛДУУ СИСТЕМАНЫН БАЙЛАНЫШ ТАРМАГЫНЫН
ПАРАМЕТРЛЕРИН ЭСЕПТӨӨНҮН МААЛЫМАТ СИСТЕМАСЫ**

К.Дж. Боскебеев, Ж.Б. Мамадалиева

Бул макалада учурдагы программалык камсыздоого сереп салынды жана байланыш тармагынын теориялык модели берилди. Мобилдик байланыштын радиожыштык спектрин башкаруу максатында, LTE стандартындагы байланыштын негизги параметрлерин эсептөөнүн маалыматтык системасы (МС) иштелип чыкты. Базалык станциянын кабыл алгыч өткөргүчүнүн ар түрдүү параметрлеринде байланышты тандоо боюнча ар түрдүү чечимдер кабыл алынды. Чечимдердин варианттарын тандоодо анын ишенимдүүлүгүнө жана баасына көңүл бурулат. Маалымат системасы Visual Studio 2012де C# тилинде ишке ашырылган. Программанын баштапкы коду көрсөтүлгөн, ал байланыш тармагынын долбоорун түзүүчүнүн ишин автоматташтырууга мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: мобилдик байланыш; LTE стандарты; Окумура-Хата ыкмасы; параметрлери; долбоорлоо; сот-тун радиусу; жоготуулар; тармактагы жүк.

**INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATING PARAMETERS
OF THE LTE MOBILE NETWORK**

K.Dzh. Boskebeev, Zh.B. Mamadalieva

The article provides an overview of existing software and a theoretical model of a communication network. An information system was developed for calculating the basic communication parameters of the LTE standard for the purpose of controlling the radio frequency sector of mobile communications. At different parameters of the transmitter receiver of the base station we make different decisions on the choice of communication. Decision maker when choosing decision options, is based on reliability and cost. The information system is implemented in language C#, in Visual Studio 2012 shows the source code of a program that allows you to automate the work of a communication network designer.

Keywords: mobile communication; LTE standard; Okumura-Hata method; parameters; design; cell radius; losses; network load.

Проведен обзор и анализ существующего программного обеспечения (ПО), предназначенного для расчета различных радиосетей. Результаты исследования показали, что имеется множество

ограничений при оценке параметров и анализа потоков в сети (в частности, все программные обеспечения очень сложно адаптировать во внешние комплексы анализа в реальном времени [1]. Невозможно также оценить надежность и адекватность ПО на реальных объектах. Поэтому авторами была поставлена задача разработки программного обеспечения для расчета радиосети в телекоммуникационных сетях.

Теоретическая часть. С развитием инновационных технологий абоненты, как правило, пользуются услугами качественной и высокоскоростной сети Интернет. Для обеспечения качественной связи рассчитаем параметры сети связи по методу Окумура-Хата, которая используется для расчета потерь и других параметров на трассе наземной подвижной сети связи мобильных систем (ССМС) при следующих ограничениях [2, 3]:

1) рабочая частота составляет $f = 150 - 1000 \text{ МГц}$, а для частот свыше 1000 МГц вводятся некоторые корректировки;

2) высота антенны базовой станции: $h_1 = 10 - 400 \text{ м}$;

3) высота антенны мобильной абонентской станции составляет $h_m = 1 - 10 \text{ м}$;

4) протяженность трассы: $d = 1 - 20 \text{ км}$.

В диапазоне $150 - 1000 \text{ МГц}$ основные потери на трассе для городских зон рассчитываются следующим образом.

Основные потери на трассе для городских зон рассчитываются по следующей формуле:

$$L_r = 69,55 + 26,16 * \lg f - 13,82 * \lg h_{эм} - ah_m + (44,9 + 6,55 * \lg h_{эм}) * \lg d, \quad (1)$$

где f – средняя рабочая частота в МГц;

$h_{эм}$ – высота антенны базовой станции (в метрах), превышающая усредненную высоту рельефа в направлении анализируемой трассы в пределах $3 - 15 \text{ км}$;

d – расстояние от передатчика до приемника, км (берется из расчетов расстояния по двум географическим координатам).

ah_m – поправочный коэффициент на высоту абонентской станции;

Для среднего города:

$$ah_m = (1,1 * \lg f - 0,7)h_m - (1,56 * \lg f - 0,8), \quad (2)$$

Потери пригорода корректируются следующим образом:

$$Ln\tau = L\tau - 2 \left[\lg \left(\frac{[f]}{28} \right) \right]^2 - 5,4, \text{ дБ.} \quad (3)$$

Потери в сельской местности составят:

$$L_{см} = L\tau - 4,78 [\lg(f)]^2 + 18,33 \lg(f) - 35,94 \text{ дБ.} \quad (4)$$

Потери в открытом пространстве:

$$L_{он} = L\tau - 4,78 [\lg(f)]^2 + 18,33 \lg(f) - 40,94. \text{ дБ.} \quad (5)$$

$$L_r = 46,3 + 33,9 \lg f - 13,82 \lg h_{эф} - ah_m + (44,9 + 6,55 \lg h_{эм}) \lg d + C_m, \text{ дБ} \quad (6)$$

где f – средняя рабочая частота;

$h_{эм}$ – эффективная высота антенны базовой станции;

ah_m – поправочный коэффициент на высоту абонентской станции;

d – радиус охвата зоны;

$C_m = 0 \text{ дБ}$ для городской застройки, $C_m = 3 \text{ дБ}$ для плотной городской застройки.

Потери пригорода корректируются следующим образом:

$$L_{nz} = L_z - 2[\lg(f / 28)]^2 - 5,4 \text{ дБ.} \quad (7)$$

Потери в сельской местности:

$$L_{cm} = L_z - 4,78[\lg(f)]^2 + 18,33\lg(f) - 35,94 \text{ дБ.} \quad (8)$$

Потери в открытом пространстве:

$$L_{on} = L_z - 4,78[\lg(f)]^2 + 18,33\lg(f) - 40,94 \text{ дБ.} \quad (9)$$

Расчет числа базовых станций. Прогнозируемое количество абонентов для сети берется в размере 20 % от всего населения. Например, население села составляет 16 052 человек, тогда для сети это составит 3211 человек.

Расчет телефонной нагрузки:

$$A_0 = N_{ab} * \beta \text{ (Эрланг)}, \quad (10)$$

где A_0 – общая телефонная нагрузка; N_{ab} – число абонентов в сети; β – активность одного абонента в час наибольшей нагрузки, которая выбирается из предела $\beta = (0.03 - 0.1)$ Эрланг. При

$$N_{ab} = 3211 \text{ человек, } \beta = (0.03 - 0.1)\% = 0.04.$$

Тогда телефонная нагрузка по (10) составит:

$$A_0 = 3211 * 0.04 = 129 \text{ (Эрланг)}.$$

Нахождение числа базовых станций выполняется по формуле:

$$N_{BS} = A_0 / A_{BS}, \quad (11)$$

где N_{BS} – число базовых станций; A_{BS} – нагрузка 1 баз. ст. = 20 Эрланг.

Тогда расчет количества базовых станций произведем по (11):

$$N_{BS} = \frac{129}{20} = 6.$$

Расчет зоны действия базовых станций

Основные потери на трассе определяется как:

$$L_{осн} = P_{\Sigma} - P_{ms} \text{ дБ;}$$

$$P_{\Sigma} = P_{BS} + G_{BS}, \quad (12)$$

где $L_{осн} = L_z$ – основные потери на трассе для городских зон;

P_{Σ} – суммарная мощность BS;

G_{BS} – коэффициент усиления BS;

$$P_{ms} = -140 \text{ дБ;}$$

$$G_{BS} = 14 \text{ дБ;}$$

$$P_{BS} = 5BT = 7 \text{ дБ.}$$

Тогда $L_{осн} = (7 + 17) - (-140) = 164 \text{ дБ.}$

Основные потери в сельской местности приравниваем к потерям на трассе для городских зон.

Потери в сельской местности составят:

$$L_{см} = L_z - 4,78[\lg(f)]^2 + 18,33\lg(f) - 35,94 \text{ дБ,} \quad (13)$$

где f – средняя рабочая частота в МГц = 1950 МГц.

Отсюда,

$$\begin{aligned} L_{см} &= 164 - 4,78[1950]^2 + 18,33\lg(1950) - 35,94 = 164 - 4,78(3,2)^2 + 18,33 * 3,2 - 35,94 = \\ &= 164 - 48 + 59 - 35,94 = 140 \text{ дБ;} \end{aligned}$$

$$L_{см} = (L_z - L_{см}) + L_z = (164 - 140) + 164 = 188 \text{ дБ.}$$

Расчет радиуса сот:

$$\lg d = (L_z - 69,55 - 26,16\lg(f) + 13,82\lg(h_{эф}) + ah_m) / (44,9 - 6,55\lg(h_{эф})), \quad (14)$$

где $h_{эф}$ – высота антенны базовой станции (в метрах), превышающая усредненную высоту рельефа в направлении анализируемой трассы в пределах 3–15 км.

Для города $h_{эф(г)} = 18 \text{ м.}$

Для сельской местности $h_{эф(см)} = 5 \text{ м.}$

Поскольку число получилось отрицательным, то приравниваем $ah_m = 0$. Тогда,

$$\begin{aligned} \lg d &= \frac{188 - 69,55 - 26,16\lg(1950) + 13,82\lg(18)}{44,9 - 6,55\lg(18)} = \\ &= \frac{188 - 69,55 - 26,16 * 3,2 + 13,82 * 1,2}{44,96 - 6,55 * 1,2} = \frac{188 - 69,55 - 84 + 16}{44,9 - 7} = \frac{50}{38} = 1,2; \end{aligned}$$

$$d_r = 10^{1,2} = 15 \text{ км.}$$

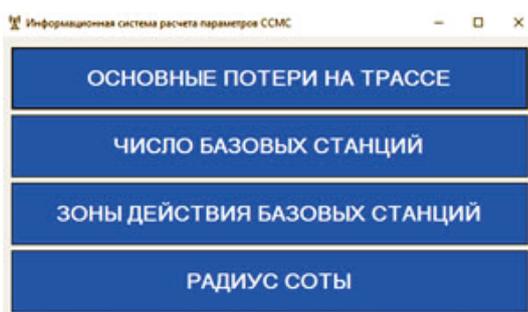
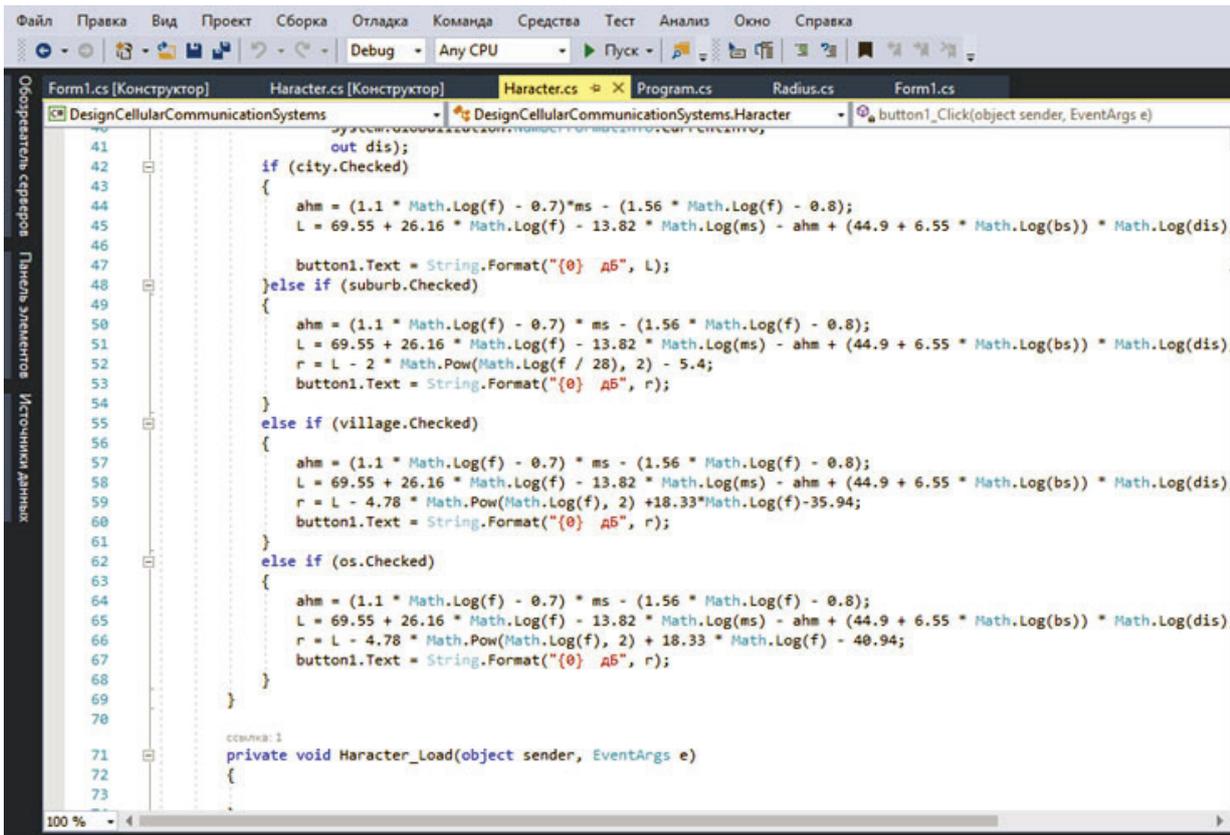
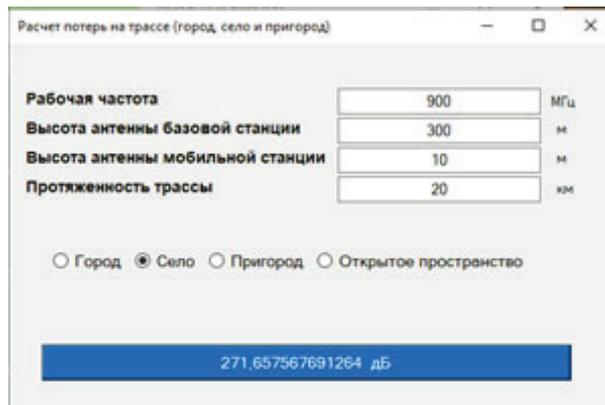


Рисунок 1 – Интерфейс программы



```
41         out dis);
42     if (city.Checked)
43     {
44         ahm = (1.1 * Math.Log(f) - 0.7)*ms - (1.56 * Math.Log(f) - 0.8);
45         L = 69.55 + 26.16 * Math.Log(f) - 13.82 * Math.Log(ms) - ahm + (44.9 + 6.55 * Math.Log(bs)) * Math.Log(dis);
46
47         button1.Text = String.Format("{0} дБ", L);
48     }else if (suburb.Checked)
49     {
50         ahm = (1.1 * Math.Log(f) - 0.7) * ms - (1.56 * Math.Log(f) - 0.8);
51         L = 69.55 + 26.16 * Math.Log(f) - 13.82 * Math.Log(ms) - ahm + (44.9 + 6.55 * Math.Log(bs)) * Math.Log(dis);
52         r = L - 2 * Math.Pow(Math.Log(f / 28), 2) - 5.4;
53         button1.Text = String.Format("{0} дБ", r);
54     }
55     else if (village.Checked)
56     {
57         ahm = (1.1 * Math.Log(f) - 0.7) * ms - (1.56 * Math.Log(f) - 0.8);
58         L = 69.55 + 26.16 * Math.Log(f) - 13.82 * Math.Log(ms) - ahm + (44.9 + 6.55 * Math.Log(bs)) * Math.Log(dis);
59         r = L - 4.78 * Math.Pow(Math.Log(f), 2) + 18.33*Math.Log(f)-35.94;
60         button1.Text = String.Format("{0} дБ", r);
61     }
62     else if (os.Checked)
63     {
64         ahm = (1.1 * Math.Log(f) - 0.7) * ms - (1.56 * Math.Log(f) - 0.8);
65         L = 69.55 + 26.16 * Math.Log(f) - 13.82 * Math.Log(ms) - ahm + (44.9 + 6.55 * Math.Log(bs)) * Math.Log(dis);
66         r = L - 4.78 * Math.Pow(Math.Log(f), 2) + 18.33 * Math.Log(f) - 40.94;
67         button1.Text = String.Format("{0} дБ", r);
68     }
69 }
70
71 ссылка: 1
72 private void Haracter_Load(object sender, EventArgs e)
73 {
```

Рисунок 2 – Код программы расчета параметров ССМС



Расчет потерь на трассе (город, село и пригород)

Рабочая частота: 900 МГц

Высота антенны базовой станции: 300 м

Высота антенны мобильной станции: 10 м

Протяженность трассы: 20 км

Город Село Пригород Открытое пространство

271.657567691264 дБ

Рисунок 3 – Расчет потерь в «Селе»

Для эффективного проектирования ССМС была разработана информационная система на инструментальной среде Visual Studio 2017 на языке С# [4]. Для расчета параметров ССМС были использованы формулы (1)–(15). На рисунке 1 приведен интерфейс программы.

На рисунке 2 приведен фрагмент кода программы расчета параметров ССМС.

На рисунке 3 показан расчет потерь на трассе для «Села». Потери сигналов ССМС составили 271,6 дБ.

Эта информационная система позволяет оперативно рассчитывать параметры ССМС, и моделирует их. При принятии решения ответственное лицо (ЛПР) выбирает самый лучший проект ССМС при различных параметрах сети связи.

Выводы. Для моделирования области покрытия доступны разные типы территорий – от плотной городской застройки, до сельской местности. Отличительной особенностью информационной системы является то, что она может проводить анализ созданной модели сети связи с учетом различных ситуаций, исходя из плотности населения в указанном районе, и процента (от общего населения) потенциальных пользователей.

Предложенная информационная система расчета параметров ССМС повышает эффективность и уменьшает затраты времени на проектирование сети связи. Ее можно корректировать, модифицировать, развивать программный код, так как открыт доступ к информационной системе сети связи.

Литература

1. Дроздова В.Г. Оценка пропускной способности сетей LTE / В.Г. Дроздова, М.А. Белов // Мобильные телекоммуникации. 2012. № 5. С. 20–22.
2. Лапцевич А.А. Алгоритм проектирования системы мобильной связи стандарта GSM 900/1800 в рамках создания эталонной сети сотовой подвижной электросвязи на территории Республики Беларусь / А.А. Лапцевич, О.В. Домакур // Проблемы инфокоммуникаций. 2016. № 2 (4). С. 54–61.
3. Оконов М. Модели и методы районирования территории по радиоклиматическим параметрам (на примере Кыргызской Республики) / М. Оконов, Е.В. Куцев, К.Д. Боскебеев // Прикаспийский журнал Управление и высокие технологии. 2019. № 1 (45). С. 84–95.
4. Боскебеев К.Дж. Разработка информационной системы оценки финансовой устойчивости научно-исследовательского института / К.Дж. Боскебеев, Ж.Б. Мамадалиева // Вестник КРСУ. 2017. Т. 17. № 5. С. 64–66.