

Оценка покрытия сигналом радиосвязи в стандартах LTE и GSM при равнозначных условиях размещения оборудования

А.А. Новикова, А.А. Кудяшов, Г.В. Жиба, Д.В. Вегера

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: Оснащение автодорог связью осложняют практически полное отсутствие придорожной инфраструктуры, включая линии электропередач, а также сложный рельеф местности. При возникновении аварийных ситуаций на такого рода загородных трассах жители вынуждены обращаться за помощью в ближайших населенные пункты, обеспеченные связью. Поэтому обеспечение загородных трасс связью является ключевой социальной задачей. На примере существующей базовой станции в данной статье выполнены расчеты затуханий и дальности распространения радиосигнала для технологии LTE и технологии GSM, дается сравнительный анализ, используются методы математического моделирования и системного анализа.

Ключевые слова: LTE, GSM, модель Окумура-Хата, модель Ли, модель Лонгли-Райса

Введение

При организации связи на автодороге необходимо, чтобы абонент смог осуществлять вызов экстренных оперативных служб. Данная служба предназначена для обеспечения оказания экстренной помощи гражданам при угрозах для жизни и здоровья при происшествиях и чрезвычайных ситуациях. Организация связи возможна путем создания систем на базе оборудования сотовой связи. При наличии у человека мобильного телефона будет доступно как совершение обычных вызовов, так и возможность совершения бесплатных звонков в службу спасения вне зависимости от изначального выбора оператора сотовой связи. Для обеспечения качественного радиопокрытия операторы сотовой связи при проектировании базовых станций (БС) осуществляют оценку потерь радиосигнала в зависимости от расстояния, местности и стандарта сотовой связи. Статья описывает результаты анализа характеристик распространения радиоволн. Тестируются различные модели затухания на трассе и проверяются их возможности по сравнению с измерениями реальных сигналов LTE и GSM. Чтобы оценить параметры, применяется метод имитационного моделирования. Среда разработки имитационной модели – программный

пакет MATLAB. Помимо этого, вносится вклад в оценку модели потерь на трассе с учетом местности для улучшения будущих прогнозов.

Описание технологий

LTE (Long-Term Evolution) и GSM (Groupe Spécial Mobile) – это стандарты беспроводной связи. LTE – стандарт связи, разработанный и усовершенствованный для обеспечения высокой производительности для систем мобильной связи, а также позволяет оптимизировать трафик и сводит к минимуму любую задержку. Использование методов доступа OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) и MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) позволяют более эффективно использовать доступные ресурсы. OFDMA позволяет разделить доступную пропускную способность на несколько поднесущих, благодаря этому увеличивается количество одновременных соединений и обеспечивается более эффективное использование ресурсов. MIMO позволяет использовать несколько передающих и приемных антенн. Для надежной передачи и приема сигнала необходимо учитывать размещение таким образом, чтобы не возникло эффекта наложения получаемой информации. Использование данного метода в технологиях LTE предоставляет возможность увеличить скорость передачи данных.

GSM – глобальная система мобильной связи. Данный стандарт предоставляет беспроводную технологию для описания протоколов сотовых сетей второго поколения, используемых различными мобильными устройствами. Впервые появился в 1970-х годах, а позже, к 2010 году, стал популярным во всем мире и занял 90% рынка. Сегодня более миллиарда абонентов мобильной связи пользуются услугами примерно в 210 странах мира. Используется для передачи мобильных голосовых услуг, данных и является наиболее часто используемым стандартом в телекоммуникациях. Диапазон частот составляет либо 900 МГц либо 1800 МГц. С другой

стороны, сеть GSM имеет более ограниченные возможности в использовании ресурсов в связи с использованием метода доступа Time Division Multiple Access (TDMA), который разделяет доступное время на слоты и назначает каждому устройству свой слот. Ограничения TDMA метода не позволяют обеспечить такую же производительность и эффективность, как LTE. Возможность одновременного соединения ограничена и может привести к низкой пропускной способности.

Технологии LTE и GSM отличаются по покрытию и доступности в разных регионах. Сеть GSM имеет более широкое покрытие, чем LTE, особенно в отдалённых и малонаселённых районах. Это объясняется тем, что инфраструктура GSM активно развивается и поддерживается уже много лет. Для дальнейшего анализа покрытия были выбраны модели и проведён анализ распространения сигнала с учётом особенностей местности.

Описание исследования

Ключевой участок сети автомобильных дорог – участок от с. Лидога до р. п. Ванино трассы А-376 "Хабаровск–Лидога–Ванино–Комсомольск-на-Амуре" (протяженность 326 км) характеризуется сложным рельефом и отсутствием на всем протяжении инфраструктуры электроснабжения.

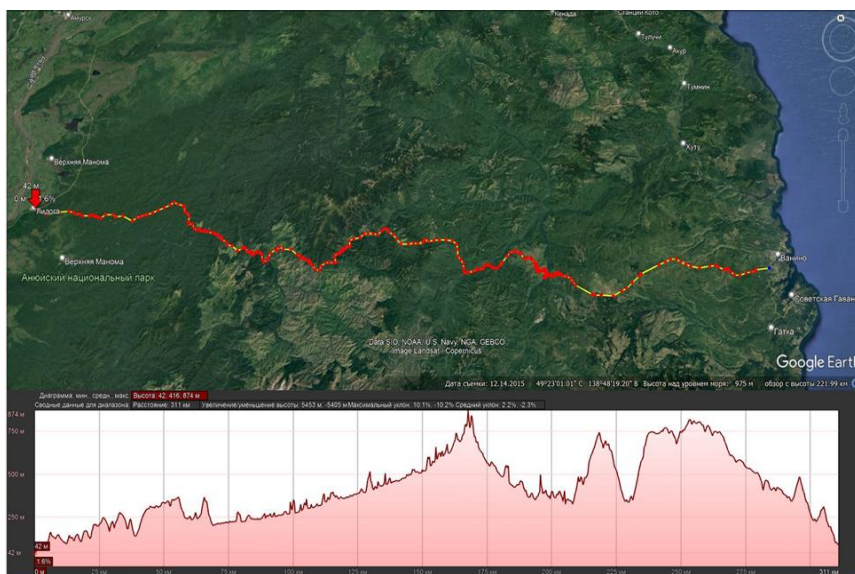


Рис. 1. – Трасса Лидога – Ванино

При проектировании сети сотовой связи на данной трассе важно учитывать горный рельеф местности трассы, характеризующийся изобилием поворотов и серпантинов. А также условия хвойно-лиственной растительности (смешанный лес) с различными породами деревьев со средней высотой 16 м.

Моделирование распространения радиосигнала важно для планирования и модернизации сетей. Существуют различные модели для прогнозирования уровня радиосигнала, такие как модель Хата, Ли и Лонгли-Райса, рассматриваемые в данной статье. Пригодность модели зависит от помех на местности, частотного диапазона, рельефа и других факторов.

Модель Хата (Hata) – широко используемая модель распространения радиосигналов для прогнозирования потерь на пути передачи сотовой связи во внешних условиях [1]. Разработана в Европе и основана на данных модели Окумуры (поэтому ее также обычно называют моделью Окумуры-Хата) для использования в полосе частот от 500 до 2000 МГц, и содержит поправки для городских, пригородных и сельских (равнинных) сред со следующими параметрами: высота передатчика от 30 до 100 м; дальность связи до 20 км; высота мобильной станции от 1 м до 10 м [2].

Уравнение потерь на трассе для модели Хата формулируется следующим образом [3]:

$$L = 46.3 + 33.9 \log f - 13.82 \log h_B - a(h_R) + (44.9 - 6.55 \log h_B) \log d + C,$$

где $C = 0$ для средних городов и пригородных зон; f – частота передачи в мегагерцах (МГц); h_B – эффективная высота антенны базовой станции в метрах (м); d – расстояние линии в километрах (км); h_R – эффективная высота антенны мобильной станции в метрах (м); $a(h_R)$ – коэффициент поправки на высоту антенны мобильной станции.

Для городской местности $f > 400$ МГц $a(h_R)$ определяется по формуле:

$$a = 3.20(\log_{10}(11.75h_R))^2 - 4.97,$$

а для пригородной и сельской местности по формуле:

$$a(h_R) = (1.1\log(f) - 0.7)h_R - 1.56\log(f) - 0.8.$$

Модель Ли – широко используемая модель распространения радиосигналов для прогнозирования потерь на пути передачи сотовой связи на трассе. Известна своей простотой и разумной точностью прогнозирования. Модель Ли изначально разработана для частот 900 МГц, однако в дальнейшем получила корректировки на частоты до 2 ГГц [4].

Затухание сигнала на трассе имеет вид:

$$PL_{Lee} = PL_0 + m\log\left(\frac{d}{d_0}\right) - H_T - H_R,$$

$$H_T = 15\log\left(\frac{h_t}{h_{ref}}\right),$$

$$H_R = 10\log\left(\frac{h_r}{h_{rref}}\right),$$

где PL_0 – потери на расстоянии d_0 в децибелах (дБ); m – наклон в децибелах на декады (дБ/дек); d – расстояние между передатчиком и приемником в километрах (км); d_0 – контрольное расстояние (км); h_t – высота антенны передатчика в метрах (м); h_{ref} – высота антенны передатчика (м); h_r – высота антенны приемника (м); h_{rref} – высота антенны эталонного приемника (м).

Модель Лонгли-Райса – модель, основанная на электромагнитной теории и статистическом анализе как особенностей рельефа, так и радиоизмерений, предсказывает среднее затухание радиосигнала в зависимости от расстояния и изменчивости сигнала во времени и пространстве. Модель предназначена для использования в полосе от 20 МГц до 40 ГГц и для трасс длиной от 1 км до 2000 км [5-6].

Ослабление радиосигнала на трассе определяется по следующей формуле:

$$A_0 = A_{fs} + A_{ref} + A_{var},$$

где A_{fs} – ослабление свободного пространства; A_{ref} – ослабление дифракцией и рассеянием радиоволны; A_{var} – ослабление изменчивостью условий распространения.

Ослабление радиоволны при распространении в свободном пространстве вызвано сферической расходимостью фронта волны и определяется как длиной волны, так и расстоянием передачи:

$$A_{fs} = 20 \lg\left(\frac{4\pi df}{c}\right),$$

где d – протяженность трассы распространения; f – частота радиоволны; c – скорость света.

Ослабление A_{ref} определяется совместным действием дифракции, рассеяния и поглощения радиоволны:

$$A_{ref} = A_{diff} + A_{scatt} + A_a,$$

где A_{diff} – ослабление дифракцией радиоволны; A_{scatt} – ослабление рассеянием радиоволны; A_a – ослабление поглощением атмосферы.

Определение потерь, связанных с дифракцией и рассеиванием в модели Лонгли-Райса, основывается на принципах геометрической оптики.

Ослабление A_a , вызванное поглощением радиоволны атмосферными газами, необходимо учитывать лишь в высокочастотном диапазоне FR2.

Ослабление A_{var} позволяет учитывать вероятностный характер изменчивости условий распространения на трассе, определяется с помощью формулы:

$$A_{var} = -V_{med} - Y_T - Y_L - Y_S,$$

где V_{med} – среднегодовое медианное значение потерь; Y_T – потери, вызванные изменчивостью среднечасовых значений затухания; Y_L – потери, вызванные изменчивостью местоположения в пространстве; Y_S – потери, вызванные изменчивостью ситуаций при измерениях.

Моделирование

Для определения характеристик сигналов сетей 4G и 2G применяется метод имитационного моделирования [7-10]. В качестве инструмента для создания имитационной модели используется программное обеспечение MATLAB. Чтобы учесть особенности распространения сигнала на пересечённой местности, вводятся дополнительные параметры, которые можно настраивать и изменять по своему усмотрению, что делает моделирование более адаптивным. Созданная программа позволяет выбирать подходящую модель в соответствии с конкретными условиями и вычислять уровень затухания и зону распространения сигнала на основе заданных параметров.

Для сравнительного анализа моделей используется зависимость затухания от расстояния связи. В качестве места для проектирования размещения объекта сотовой связи выбран 367 километр автодороги. На этом участке отсутствуют искусственные помехи. В настоящее время услуги связи предоставляются в стандарте 2G через спутниковый канал с использованием альтернативных источников питания (ветра и солнца). Дальность распространения сигнала составляет до 16 километров. Для сопоставления результатов с реальными данными проводились измерения в разное время. В качестве измерительного прибора использовался анализатор сотовых мобильных сетей. Измерения проводились в диапазоне частот 900 МГц.

Результаты моделирования сигнала для моделей Хата, Ли и Райса представлены на рис.2 и рис.3.

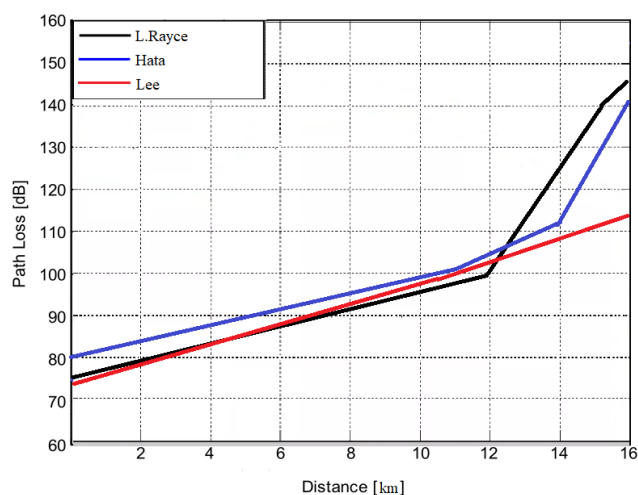


Рис. 2. – Общий график затухания сигнала GSM-900

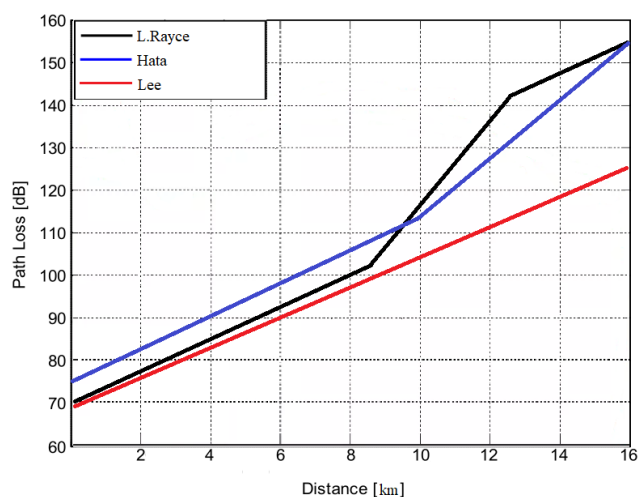


Рис. 3. – Общий график затухания сигнала LTE-900

Моделирование показало, что уровень ослабления сигнала в сетях LTE выше, чем в сетях GSM, а разница распространения сигнала составляет 4 км. То есть качественный сигнал связи в сети 4G можно получить до 10 км, а для сети 2G до 14 км. Таким образом, дальность распространения сигнала связи сети 2G выше сигнала сети 4G.

Заключение

В исследовании проанализировано распространение радиоволн на сложной по рельефу дороге федерального значения. Результаты расчётов дальности связи показали различия между сетями LTE и GSM в затухании и дальности распространения сигналов. Сеть GSM имеет более широкое

покрытие, поскольку её инфраструктура активно развивается и поддерживается уже много лет. Сеть LTE обеспечивает более высокую скорость передачи данных и надёжное соединение благодаря использованию новых технологий и частотных диапазонов. Однако покрытие сети LTE может быть ограничено в отдалённых районах ввиду ограниченного количества базовых станций и стоимости реализации. Сеть GSM предпочтительна в отдалённых и труднодоступных районах, где покрытие сетью LTE может быть недостаточным. Однако для обеспечения качественной и быстрой передачи данных в крупных городах и популярных туристических направлениях лучше использовать сеть LTE. Таким образом, для решения проблемы связи в сложных условиях, таких, как сложные по рельефу трассы, рекомендуется использовать технологию GSM.

Литература

1. Hata M. Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services / IEEE Transactions on Vehicular Technology. – Vol. 29. – No. 3. – 1980. – pp. 317–375.
2. Deme A. et al. Hata-okumura model computer analysis for path loss determination at 900mhz for maiduguri, nigeria // Mathematical theory and modeling. – 2013. – Vol. 3. – No. 3. – pp. 1-9.
3. Evans G., Joslin B., Vinson L., Foose B. The optimization and application of the W.C.Y. Lee propagation model in the 1900 MHz frequency band, Vehicular Technology Conference, IEEE 47th. – 1997. – Vol. 1. – pp. 87-91.
4. Lee W. C. Y. Mobile Communications Design Fundamentals, Wiley, 1993. 372 p.
5. Wong H. Field Strength Prediction in Irregular Terrain-the PTP Model // Report of Federal Communication Commission, USA. – 2002. – pp. 1–8.
6. Мовчан А. К., Рогожников Е. В., Дмитриев Э. М. и др. Расчет ослабления сигнала сетей сотовой связи 5G для частот диапазона FR1 //

Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2022. – Т. 25, № 1. – С. 17-23. – DOI 10.21293/1818-0442-2021-25-1-17-23. – EDN NGEEBF.

7. Vegea D. V., Zhiba G. V., Pisarenko V. P., Possibility of using alternative electric power industry for power supply of autonomous infocommunication complexes // Journal of Physics: Conference Series. Vladivostok: IOP Publishing Ltd, 2021, p. 012055.

8. Vegea D. V., Vlasov V. N., Pisarenko V. P., Tereshchenko V. D., Use of alternative energy in power supply systems for telecommunications equipment Science and technology, № 1 (34). 2018, p. 77

9. Vegea D., Zhiba G., Pisarenko V., The assessment of distribution of GSM signal on the route with the difficult relief and mainly deciduous wood // Journal of Physics: Conference Series. 2131. 032077. 10.1088/1742-6596/2131/3/032077.

10. Burkov S. M., Vegea D. V., Vlasov V. N., Zhiba G. V., “Evaluation of the use of ITU recommendations in forest areas during GSM signal propagation,” International Journal of Open Information Technologies, Vol. 10, No. 6, 2022, pp. 9-15.

References

1. Hata M. IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol. 29. No. 3. 1980. pp. 317–375.

2. Deme A. et al. Mathematical theory and modeling. 2013. Vol. 3. No. 3. pp. 1-9.

3. Evans G., Joslin B., Vinson L., Foose B. Vehicular Technology Conference, IEEE 47th. 1997. Vol. 1. pp. 87-91.

4. Lee W. C. Y. Mobile Communications Design Fundamentals, Wiley, 1993. 372 p.

5. Wong H. Field. Report of Federal Communication Commission, USA. – 2002. pp. 1–8.



6. Movchan A. K., Rogozhnikov E. V., Dmitriev E. M. et al. Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki. 2022. Vol. 25, No. 1. pp. 17-23. DOI 10.21293/1818-0442-2021-25-1-17-23. EDN NGEEBF.

7. Vegea D. V., Zhiba G. V., Pisarenko V. P., Journal of Physics: Conference Series. Vladivostok: IOP Publishing Ltd, 2021, p. 012055.

8. Vegea D. V., Vlasov V. N., Pisarenko V. P., Tereshchenko V. D., Science and technology, № 1 (34). 2018, p. 77.

9. Vegea D., Zhiba G., Pisarenko V., Journal of Physics: Conference Series. 2131. 032077. 10.1088/1742-6596/2131/3/032077.

10. Burkov S. M., Vegea D. V., Vlasov V. N., Zhiba G. V., International Journal of Open Information Technologies, Vol. 10, No. 6, 2022, pp. 9-15.

Дата поступления: 1.04.2024

Дата публикации: 12.05.2024