

М. Г. Филатова

СЕТЬ СОТОВОЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 26.02.2022 г.

Принята к публикации 12.03.2022 г.

61

Для цитирования: *Филатова М. Г.* Сеть сотовой связи пятого поколения на территории национального парка // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Физико-математические и технические науки. 2022. №1. С. 61 – 66.

В последние годы наблюдается резкий рост посещаемости парка Куршская коса, увеличивается количество абонентов, нуждающихся в высококачественной и стабильной сотовой связи. Представлены технические решения по организации на территории национального парка сети сотовой связи пятого поколения. Произведены расчеты дальности связи, рекомендовано специализированное оборудование и определено общее количество базовых станций такой сети. На основе полученных результатов с помощью специализированной программы построена и затем оптимизирована сеть сотовой связи, рассчитан срок ее окупаемости.

Ключевые слова: радиоприем, мобильная радиосвязь, сети 5G (пятого поколения), диапазон частот, базовая станция

Резко возросший в последнее время туристический поток становится главной причиной развития систем связи в наиболее посещаемых районах, одним из которых является национальный парк «Куршская коса». Значительно увеличившееся по сравнению с предыдущими годами количество посетителей способствует росту потребности абонентов в стабильной и качественной сотовой связи, предоставляющей доступ к широкому спектру сервисов и услуг. Исходя из этого был проведен анализ территории данного заповедника и существующего там уровня развития сетей мобильной радиосвязи.

Общая площадь национального парка «Куршская коса» равна 66,21 км². Площадь поселковой зоны – 4,61 км², площадь туристической зоны – 9,24 км². Численность населения составляет порядка 1600 чел. По официальным данным, только за период с января по май 2021 г. парк посетило свыше 500 тыс. чел. На территории Куршской косы находятся три населенных пункта: пос. Лесной, пос. Рыбачий и с. Морское, в зоне которых наблюдается наибольшее скопление людей. Территория национального парка отличается густыми лесными массивами и большой изрезанностью по рельефу, что может создавать затруднения при передаче сигнала и таким образом влиять на качество связи.



В соответствии с информацией, находящейся в открытом доступе, мобильная связь на территории Куршской косы реализуется четырьмя провайдерами: ПАО «ВымпелКом», ПАО «МегаФон», ПАО «МТС» и ООО «Т2 Мобайл». У каждого из этих операторов, предоставляющих связь в заповедной зоне, имеются сайты, поддерживающие стандарт LTE, предоставляющий на данный момент наибольшее количество необходимых абонентам услуг сотовой связи. Однако при анализе таких сетей был выявлен низкий уровень качества связи даже в пределах населенных пунктов.

Целью настоящей работы является разработка сети сотовой связи на Куршской косе, использующей технологию 5G, которая за счет высоких технических показателей (задержки до 1 мс, пропускная способность до 20 Гбит/с, высокая энергоэффективность и пр.), позволяет предоставлять абонентам широкий спектр услуг. Также в дальнейшем такую сеть можно будет использовать для реализации концепции «умного» парка.

Прежде всего необходимо определить диапазон рабочих частот. В России на данный момент провайдерам был выделен диапазон 4,8–4,99 ГГц. Также, согласно постановлению ГКРЧ от 4 мая 2021 г., полоса радиочастот 24,25–25,25 ГГц может использоваться сетями связи стандарта 5G [1–5]. Для планируемой сети поддиапазон 4,85–4,95 ГГц является наиболее подходящим, поскольку может использоваться как для различных пользовательских приложений, так и для межмашинной коммуникации и интернета вещей. Данный диапазон имеет разнесение каналов по времени, что значительно повышает эффективность его использования и сокращает расходы на проектирование сети.

В качестве оборудования подойдет активная антенная система AAU 5612 производства компании Huawei. Одна из особенностей таких антенн состоит в том, что, в отличие от обычных антенн, для AAU не требуется установка отдельного радиомодуля. Также они поддерживают технологию массивного MIMO при потреблении малых мощностей.

Далее необходимо произвести расчет бюджета канала. Он сводится к определению максимально допустимых потерь на трассе распространения радиосигнала:

$$L_{\text{МДП}} = T_{\text{X}_{\text{EIRP}}} - R_{\text{X}_{\text{min}}} - L_{\text{PL}} - L_{\text{FL}} - L_{\text{EL}} - L_{\text{BL}} - L_{\text{SF}} - L_{\text{CI}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{X}_{\text{EIRP}}}$ – эквивалентная изотропно-излучаемая мощность на выходе антенны передатчика (ЭИИМ); $R_{\text{X}_{\text{min}}}$ – минимально необходимый уровень мощности на входе приемника; L_{PL} – потери на проникновение в здание; L_{FL} – потери при прохождении различных растительных преград; L_{EL} – потери в осадках; L_{BL} – потери в теле человека; L_{SF} – потери, которые обусловлены медленными замираниями; L_{CI} – запас на интерференцию.

Результаты расчета максимально допустимых потерь на линиях «вверх» ($L_{\text{МДП UL}}$) и «вниз» ($L_{\text{МДП DL}}$) для различных видов модуляции по формуле (1) представлены в таблице 1.



Таблица 1

Виды модуляции:	Максимально допустимые потери	
	$L_{МДП UL}$, дБ	$L_{МДП DL}$, дБ
QPSK	144,7	138,9
16-QAM	129,7	126,9
64-QAM	117,7	115,9
256-QAM	103,7	101,9

Затем для расчета радиопокрытия проектируемой сети была выбрана модель из рекомендации 3GPP TR 38.901, работающая в диапазонах от 500 МГц до 100 ГГц. Дальность связи для пригородной застройки при отсутствии прямой видимости рассчитывается следующим образом:

$$PL(R) = 161,04 - 7,11\lg(W) + 7,5\lg(h) - (24,37 - 3,7\left(\frac{h}{h_{BC}}\right)^2) \cdot \lg(h_{BC}) + (43,42 - 3,11\lg(h_{BC}))(\lg(L) - 3) + 20\lg(f_c) - (3,2(\lg(11,75h_{AC}))^2 - 4,97), \quad (2)$$

где W – средняя ширина улиц; h – средняя высота зданий; h_{BC} – высота базовой станции; h_{AC} – высота абонентской станции; f_c – рабочая частота [2].

Радиус зоны покрытия определяется из первого уравнения связи:

$$L_{МДП} = PL(R). \quad (3)$$

Теперь необходимо оценить дальность связи относительно требуемого трафика:

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi N_{BC}}}, \quad (4)$$

где S – площадь обслуживаемой территории (в данном случае берется площадь населенных пунктов и туристических мест); N_{BC} – количество базовых станций (БС) для предполагаемого трафика:

$$N_{BC} = \frac{NT_{cp}}{\nu} + 1, \quad (5)$$

где NT_{cp} – средняя пропускная способность сети; ν – пропускная способность одной ячейки связи.

В таблице 2 приведены результаты расчетов количества БС и радиуса зоны обслуживания, полученные с помощью формул (1–5).

Таблица 2

Вид модуляции	R (по бюджету канала), м		R (по трафику), м		N_{BC}	
	DL	UL	DL	UL	DL	UL
QPSK	1733	1233	311	128	45	270
16-QAM	708	602	436	180	23	135
64-QAM	345	311	528	220	15	90
256-QAM	147	132	604	254	12	68



Как видно из таблицы 2, линия вверх при расчете радиуса зоны покрытия и по бюджету, и по трафику является ограничивающим фактором. Соответственно, радиус следует выбирать исходя из значений, рассчитанных для UL. По бюджету R получается больше, чем по трафику, поэтому значения необходимо брать из второго случая, поскольку мощность базовых станций всегда можно уменьшить до требуемого уровня.

Если сравнивать оставшиеся значения радиуса зоны покрытия БС, то наиболее приемлемым окажется R , соответствующий виду модуляции 64-QAM (то есть $R = 220$ м). Здесь радиусы по бюджету и по трафику, в отличие от остальных видов модуляции, имеют наименьшую разницу. Базовых станций же получается 90.

При помощи программы ICS Telecom такая сеть была спроектирована и оптимизирована: количество БС сократилось до 66 (рис. 1–3).

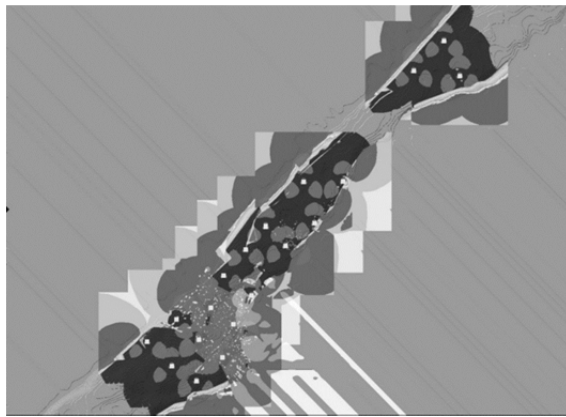


Рис. 1. Расположение БС в пос. Лесной и у музейного комплекса (19 БС)



Рис. 2. Расположение БС в пос. Рыбачий и у «Танцующего леса» (29 БС)



Рис. 3. Расположение БС в с. Морское и у оз. Лебедь (18 БС)

Приблизительный срок окупаемости сети можно рассчитать по формуле

$$T = \frac{K_3}{D_r - \mathcal{E}}, \quad (6)$$

где K_3 — капитальные вложения, D_r — годовые доходы, \mathcal{E} — годовые затраты на эксплуатацию.

Для сети, организованной по расчетным данным, срок окупаемости составит 8 лет 1 месяц, а для оптимизированной — 5 лет 7 месяцев.

Таким образом, на территории национального парка «Куршская коса» можно построить сеть пятого поколения, состоящую из 66 БС, расположенных в наиболее заполненных людьми участках, с радиусом дальности связи 220 м.

Список литературы

1. *О внесении изменений в раздел II Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации*: приказ Минкомсвязи России от 04.05.2021 г. №719. Доступ из справ.-правовой службы «Гарант».
2. *Гимадинов Р. Ф.* Кластеризация в мобильных сетях 5G. Случай частичной мобильности // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. Т. 3, №2. С. 44–52.
3. *Teral S.* IHS Markit. 5G best choice architecture: White Paper, 2019.



4. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Коваль В.А. Сети мобильной связи 5G: технологии, архитектура и услуги. М., 2019.

5. Тихвинский В.О. Сети 5G и IoT – инновационная среда для цифровой экономики России // Электросвязь. 2017. №8. С. 18–24.

Об авторе

Мария Германовна Филатова – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия.

E-mail: fil2000@bk.ru

M. G. Filatova

CELLULAR COMMUNICATION NETWORK OF THE FIFTH GENERATION IN THE TERRITORY OF THE NATIONAL PARK

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 26 February 2022

Accepted 12 March 2022

To cite this article: Filatova M.G. 2022, Cellular communication network of the fifth generation in the territory of the national park, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Physical-mathematical and technical sciences*, №1. P. 61–66.

There has been a rapid increase in the attendance of the Curonian Spit Park during last years. The number of customers in need of high-quality and stable cellular communications is increasing. This paper presents technical solutions for a fifth-generation cellular network organization on the territory of the national park. Calculations of the communication range of one site was made. The total number of base stations of such a network was determined. Based on the results a cellular network was built and then optimized with the help of a specialized program. Its payback period was calculated too.

Keywords: radio reception, mobile radio-communication, 5G networks (fifth generation), frequency range, base station

The author

Maria G. Filatova, Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

E-mail: fil2000@bk.ru