

# Исследование возможности использования сетей мобильной связи общего пользования для передачи видеоданных с борта БЛА

А.А. Баранов<sup>1</sup>, А.В. Никитина<sup>2</sup>, О.А. Симонина<sup>2</sup>\*

<sup>1</sup>ПАО «МегаФон»,

Санкт-Петербург, 191104, Российская Федерация

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,

Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

\*Адрес для переписки: olga.simonina@spbgut.ru

## Информация о статье

Поступила в редакцию 24.02.2022

Поступила после рецензирования 11.03.2022

Принята к публикации 16.03.2022

**Ссылка для цитирования:** Баранов А.А., Никитина А.В., Симонина О.А. Исследование возможности использования сетей мобильной связи общего пользования для передачи видеоданных с борта БЛА // Труды учебных заведений связи. 2022. Т. 8. № 1. С. 16–26. DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-16-26

**Аннотация:** В статье описаны результаты летного эксперимента по использованию сети мобильной связи общего пользования, проведенного в Санкт-Петербурге и его пригороде. Приведены численные значения параметров качества сигнала: RSSI, RSRP, RSRQ, SNR и средняя скорость передачи данных с борта БЛА и на борт БЛА. Показано, что в городской зоне существенно сказывается interRAT-хэндовер, что связано с высокой плотностью базовых станций. Сделан вывод о возможности передачи видеотрафика с борта БЛА для мониторинга инфраструктуры с требованиями по скорости передачи данных 1–1,5 Мбит/с.

**Ключевые слова:** БЛА, LTE, параметры радиосигнала, сеть мобильной связи.

## Введение

Одной из важных задач является мониторинг объектов инфраструктуры, таких как городские инженерные коммуникации, трубопроводы и т. п. Часто малые беспилотные летательные аппараты (БЛА) используются для обеспечения видеосъемки во время проведения массовых мероприятий и организации видеонаблюдения в целях контроля безопасности. При этом в регионах со сложной электромагнитной обстановкой и дефицитом радиочастотного ресурса можно использовать каналы общедоступной сети мобильной связи для обеспечения передачи параметров наблюдения с борта БЛА. Такой подход позволяет быстро и эффективно обеспечить передачу трафика с борта БЛА, при этом нет необходимости в получении разрешения на использование частотного ресурса.

В такой ситуации возникает ряд проблем, связанных с особенностями эксплуатации БЛА: влияние высоты и скорости полета аппарата на параметры качества связи. Плотное расположение базовых станций (БС) в городской среде, позволяющее обслуживать большое количество пользователей, приводит к уменьшению зоны обслуживания од-

ной БС и частому хэндоверу. При достаточно высокой скорости полета БЛА переключение сот и технологии может происходить довольно часто и приводить к обрыву связи. Высота полета БЛА также является важным параметром, так как диаграмма направленности антенн БС определяет верхнюю границу стабильной связи.

Анализ аналогичных исследований показал, что вопросы использования БЛА в городской среде с возможностью передачи по сети мобильной связи в последний год представляют стабильный интерес. Прежде всего, это обусловлено выходом 3GPP Release 15 [https://www.3gpp.org/release-15], в котором предусмотрена возможность взаимодействия с движущимися объектами [1]. Часть публикаций описывает результаты имитационного моделирования и показывает возможность использования сетей мобильной связи для управления и передачи информации с беспилотных летающих аппаратов разных типов [2–4]. Однако большинство работ, опирающихся на натурные эксперименты, посвящены использованию сетей мобильной связи для управления и передачи видео с борта коптеров, которые имеют гораздо более скромные технические характеристики по высоте и скорости полета [5–7].

Более того, предлагаются довольно оригинальные решения по использованию беспилотных аппаратов в городской среде [8]. Относительно небольшие скорости и высоты полета до 150 м позволяют обеспечивать устойчивую связь с такими беспилотными аппаратами [9]. Исследование для БЛА самолетного типа в условиях городской застройки (Республика Корея) проведено в работе [10]. Показано, что существенное влияние на качество связи оказывает высота полета и хэндовер, и сделан вывод, что показатели связи могут варьироваться между регионами в зависимости от особенностей реализации сети LTE. Отметим, что отечественные источники крайне слабо затрагивают вопросы использования сетей мобильной связи для связи БЛА-НПУ (беспилотный летательный аппарат – наземный пункт управления) [11–13].

В данной статье представлены результаты ряда натурных экспериментов, проведенных на полигонах в Санкт-Петербурге и его пригороде с целью проверки гипотезы о возможности использования сети оператора мобильной связи для управления и передачи данных видеонаблюдения с борта БЛА.

### Методика проведения эксперимента

Эксперимент проводился на сети оператора «МегаФон» без обеспечения дополнительных мероприятий по улучшению качества обслуживания. В эксперименте использовался БЛА самолетного типа, технические характеристики которого приведены в таблице 1.

**ТАБЛИЦА 1. Основные технические характеристики БЛА самолетного типа**

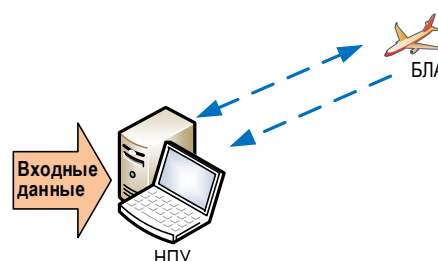
TABLE 1. UAV Specifications

Наименование	Значение
Максимальная взлетная масса, кг	20
Двигатель	поршневой двигатель внутреннего сгорания
Способ старта	катапульта
Способ посадки	на парашюте с использованием устройства амортизации
Диапазон скоростей полета, км/ч	65–130
Максимальная продолжительность полета, ч	10
Максимальная дальность связи по радиоканалу низкоскоростной передачи данных (до 100 кбит/с) между НПУ и БЛА в условиях прямой радиовидимости, км	100
Максимальная дальность полета БЛА, км	300
Высота полета БЛА над уровнем моря, м	300–5000

Управление БЛА осуществляется посредством бортового комплекса навигации и управления, который обеспечивает:

- полет по заданному маршруту;
- изменение маршрутного задания или возврат в точку старта по команде с наземного пункта управления;
- поддержание заданных высот и скорости полета;
- сбор и передачу необходимой информации и параметров полета, а также работе целевого оборудования;
- программное управление устройствами целевого оборудования.

На рисунке 1 изображена общая схема системы управления беспилотным летательным аппаратом, иллюстрирующая взаимодействие между наземным пунктом управления (НПУ) и БЛА.



**Рис. 1. Общая схема управления БЛА**

Fig. 1. UAV Control System Scheme

Для организации связи используются два канала: низкоскоростной, позволяющий осуществлять управление БЛА и работающий на выделенных частотах, и высокоскоростной, обеспечивающий передачу данных целевого оборудования на борт и с борта БЛА. Такой высокоскоростной канал применяется для передачи видеoinформации, параметров мониторинга и т. п. БЛА самолетного типа, который использовался в эксперименте, обеспечивает в том числе ведение фотосъемки участков земной поверхности и съемки в инфракрасном (ИК) диапазоне участков земной поверхности по маршруту полета БЛА. Так как было принято решение проверить возможности общедоступной сети мобильной связи для передачи видеoinформации с борта БЛА, то возникла необходимость использования радиомодуля с поддержкой стандартов сетей 2G, 3G и LTE для реализации высокоскоростного канала связи БЛА–НПУ.

На этапе экспериментальных исследований в качестве дополнительного бортового радиомодуля было принято решение использовать смартфон на OS Android с установленным специальным программным обеспечением: для измерения параметров мобильной связи использовалось приложение «G-NetTrack», для удаленного управления устройством – «AnyDesk». Таким образом, появилась возможность записывать лог-файлы, в которых указано время полета, высота полета, скорость пере-

дачи данных в направлении «вниз» (UL – аббр. от англ. Uplink) и «вверх» (DL – аббр. от англ. Downlink), а также параметры радиосигнала: RSRP (аббр. от англ. Reference Signal Received Power – уровень принимаемых опорных сигналов), RSRQ (аббр. от англ. Reference Signal Received Quality – качество принятых пилотных сигналов), RSSI (аббр. от англ. Received Signal Strength Indicator – показатель уровня принимаемого сигнала), SNR (аббр. от англ. Signal to Noise Ratio – отношение уровня принятого сигнала к интерферирующему сигналу).

Приложение «AnyDesk» позволяет удаленно подключаться к смартфону, управлять установленным на нем программным обеспечением и осуществлять прием/передачу данных по протоколу FTP (аббр. от англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов). Передаваемая с борта БЛА информация – видеофайлы размером 5–7 Мб.

Для эксперимента был выбран смартфон Xiaomi Redmi 7A, который имеет достаточно большой объем аккумулятора и поддерживает диапазоны GSM 850, 900, 1800 и 1900 МГц; диапазоны UMTS 850, 900, 1900 и 2100 МГц; LTE – 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 20, 38, 40 Band. В смартфоне реализована поддержка GPS, ГЛОНАСС и BelDou для навигации. В рассматриваемом эксперименте для определения координат использовались данные GPS.

Схема летного эксперимента приведена на рисунке 2, из которой следует, что по каналам мобильной связи осуществляется только передача телеметрической и видеоинформации по протоколу

FTP, а непосредственное управление БЛА осуществляется по специальному каналу связи. Требования к каналу управления довольно высоки по задержкам ( $t_{e2e} = 10$  мс) и  $BER \leq 10^{-6}$  (аббр. от англ. Bit Error Rate – вероятность битовой ошибки), что учитывалось в процессе эксперимента, с целью не допустить потери БЛА.

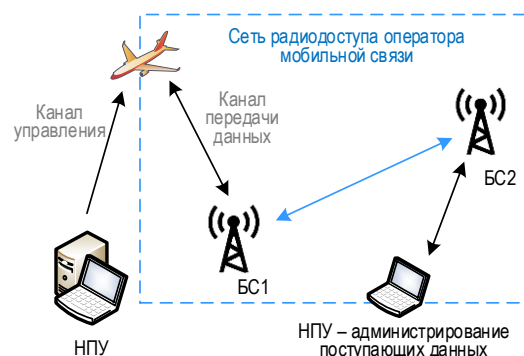


Рис. 2. Схема летного эксперимента

Fig. 2. Schematic Representation of Experiment

Проводилось два летных эксперимента – в городской черте Санкт-Петербурга и в его пригороде. Карта одного из маршрутов полета БЛА приведена на рисунке 3. Цветом отмечена смена сот на маршруте.

Расстояния от средней точки маршрута БЛА до БС приведены на рисунке 4. Количество контрольных измерений должно быть достаточным для получения оценки каждого параметра с относительной погрешностью 10 % при доверительной вероятности  $\alpha = 95$  %.

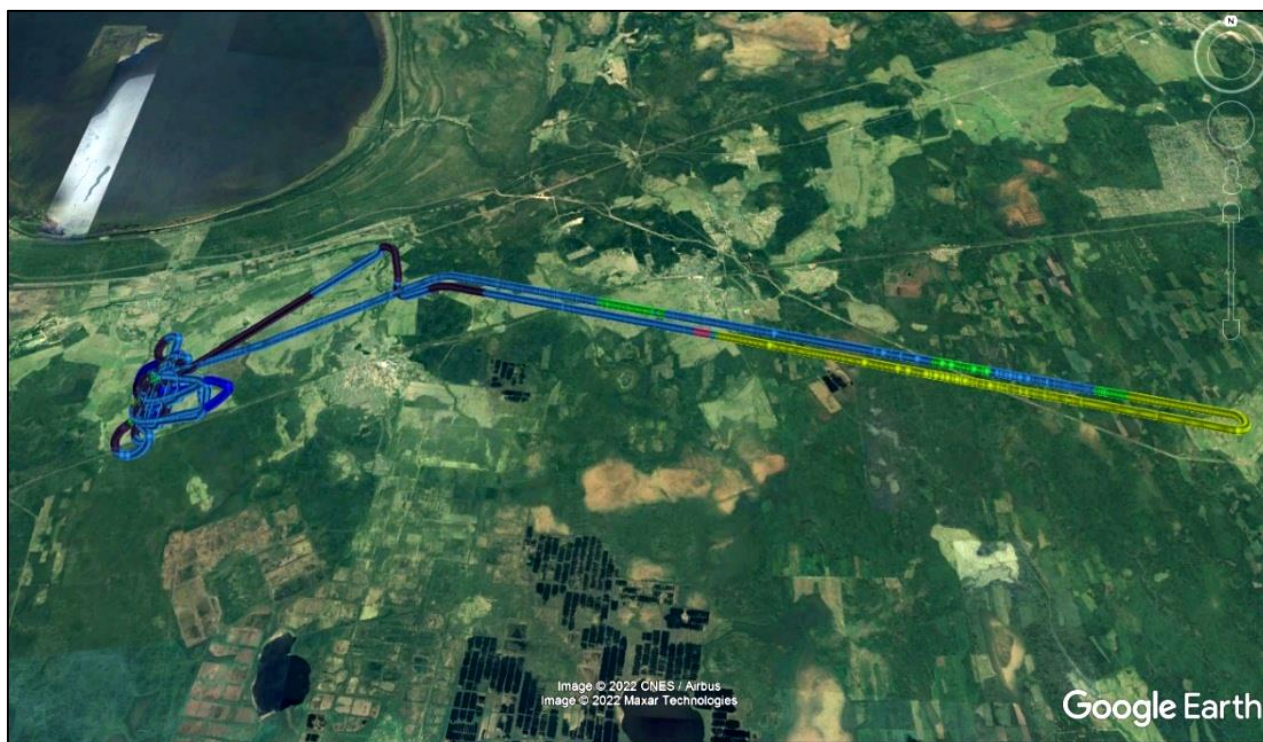


Рис. 3. Маршрут проведения летного эксперимента

Fig. 3. Map of the Flight Experiment Zone



Для расчета необходимого количества измерений использовано выражение:

$$N = t_{\alpha}^2 * \frac{p(1-p)}{\Delta^2},$$

где  $\Delta$  – абсолютное значение статистической погрешности;  $p$  – ожидаемое значение оцениваемого параметра,  $t_{\alpha}$  – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности  $\alpha$ ;  $t_{\alpha} = 1,96$ .

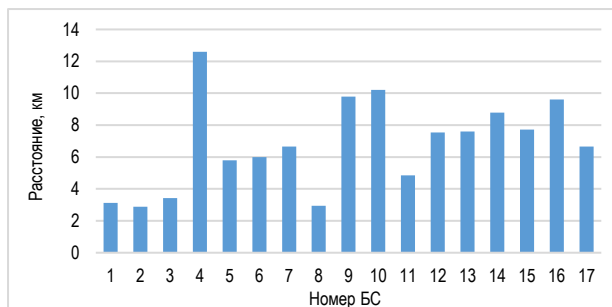


Рис. 4. Расстояния от средней точки маршрута БЛА до БС

Fig. 4. Distances from UAV to BS

Рассчитанное минимальное число необходимых контрольных сессий для различной точности оценки приведено в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Минимальное количество необходимых контрольных сессий для различной точности оценки

TABLE 2. Minimum Number of Required Control Sessions for Different Accuracy of Assessment

Точность оценки	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Количество сессий	9900	4900	3200	2400	1900

### Анализ результатов летного эксперимента

Скорость полета БЛА является важным параметром, участвующим в формировании показателей качества сигнала. Как отмечалось в [14], скорость БЛА самолетного типа составляет 70–130 км/ч (20–30 м/с), соответственно, расстояние в 0,5 км он преодолевает за 15–25 с. На рисунке 5 приведены расчетные результаты оценки требуемой скорости передачи данных при различных требованиях к времени передачи файла (в зависимости от скорости движения БЛА) и разных размерах графического файла.

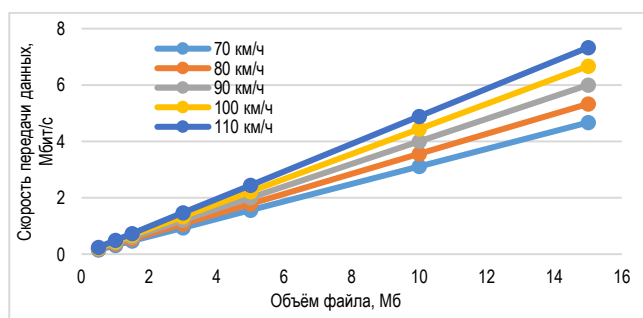


Рис. 5. Требуемая скорость передачи данных БЛА при различном размере передаваемого файла [14]

Fig. 5. The Required UAV Data Transfer Rate at Different File Sizes

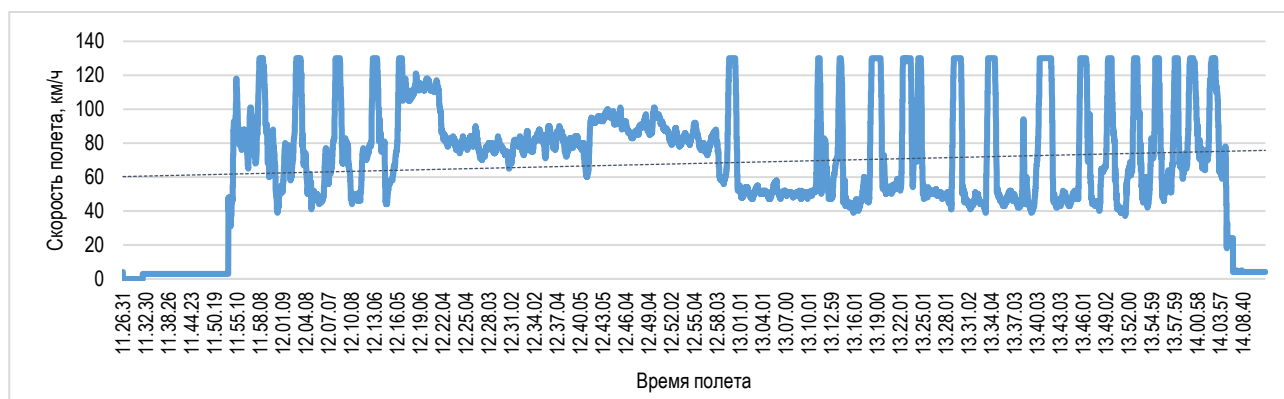
Оценка скорости полета БЛА приведена на рисунке 6 (для пригорода и города), пунктиром обозначена линия тренда. Скорость полета зависит от маршрута, имеет довольно высокую вариативность и может достигать максимально возможного значения 130 км/ч. При проведении эксперимента средняя скорость на основном участке полета в пригородной зоне без учета взлета и посадки была 77 км/ч. В городе средняя скорость составила 69 км/ч.

Исходя из размеров передаваемых файлов, можно определить, что при таких условиях теоретическая скорость передачи данных должна быть около 2 Мбит/с для пригорода и 1,5 Мбит/с для города.

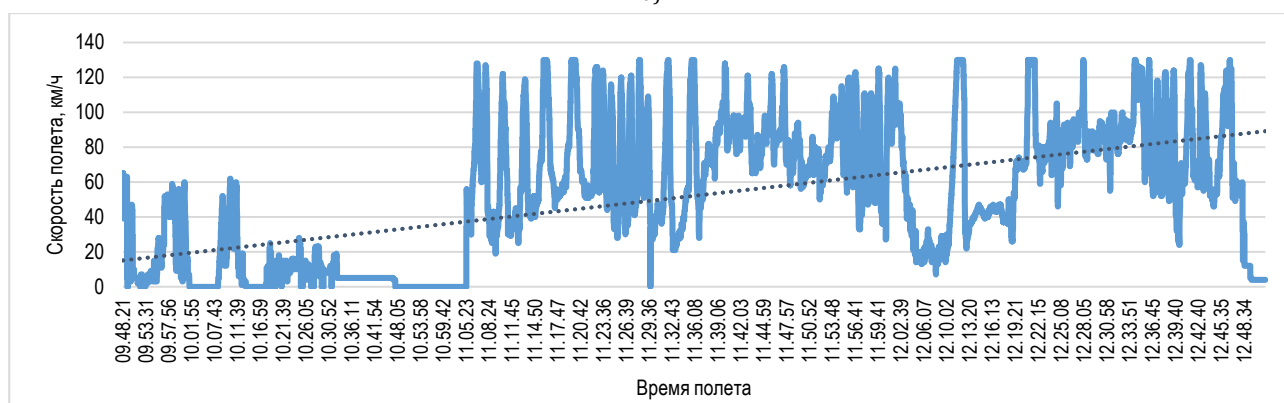
Вторым важным параметром, влияющим на показатели качества связи, является высота полета БЛА. Известно, что мобильные сети LTE изначально не предназначены для воздушного покрытия и оптимизированы для наземной широкополосной связи. Поэтому антенны базовых станций в целях уменьшения уровня мощности помех для соседних сот наклонены вниз – механический или электрический угол наклона антенны обычно составляет 3–5°. Однако БЛА могут обслуживаться боковыми лепестками антенн, которые имеют пониженный коэффициент усиления антенны по сравнению с основными лепестками антенн БС. Анализ диаграммы направленности антенны Huawei AQU4518R1 (рисунок 7) показывает наличие большого количества боковых лепестков, особенно в band 38, которые направлены вверх и могут создавать покрытие сети мобильной связи на достаточно больших высотах полета БЛА [<https://www.huawei.com>].

Рассмотрим влияние высоты на параметры качества радиосигнала сигнала. В качестве критерия используем SNR (рисунок 8). Графики показывают, что в пригороде высота полета БЛА 800–850 м, изменения высоты невелики, а значения SNR в целом остаются приемлемыми. В городской черте было проведено исследование зависимости уровня сигнала и SNR от высоты полета, так как характер задач мониторинга городской инфраструктуры может требовать работы БЛА на разных высотах. Результаты показывают, что на малых высотах до 600 м наблюдается ухудшение соотношения сигнал/помеха по сравнению с высотой 800 м. Анализ лога показал, что именно в черте города чаще происходит interRAT-хэндовер – переключение между радиотехнологиями GPRS, EDGE, HSPA+ и LTE (рисунок 9). Это связано как с более плотным расположением БС в городской среде, так и с изменением высоты полета.

Доля времени обслуживания сетью 2G для пригорода составила десятые доли процента, а обрывов связи не наблюдалось. При этом БЛА находился в зоне действия LTE 91 % времени, что позволяет сделать вывод об относительной стабильности связи на высотах 800–850 м.



a)



b)

Рис. 6. Скорость полета БЛА: пригород (а), город (б)

Fig. 6. UAV Flight Speed: Suburb (a) City (b)

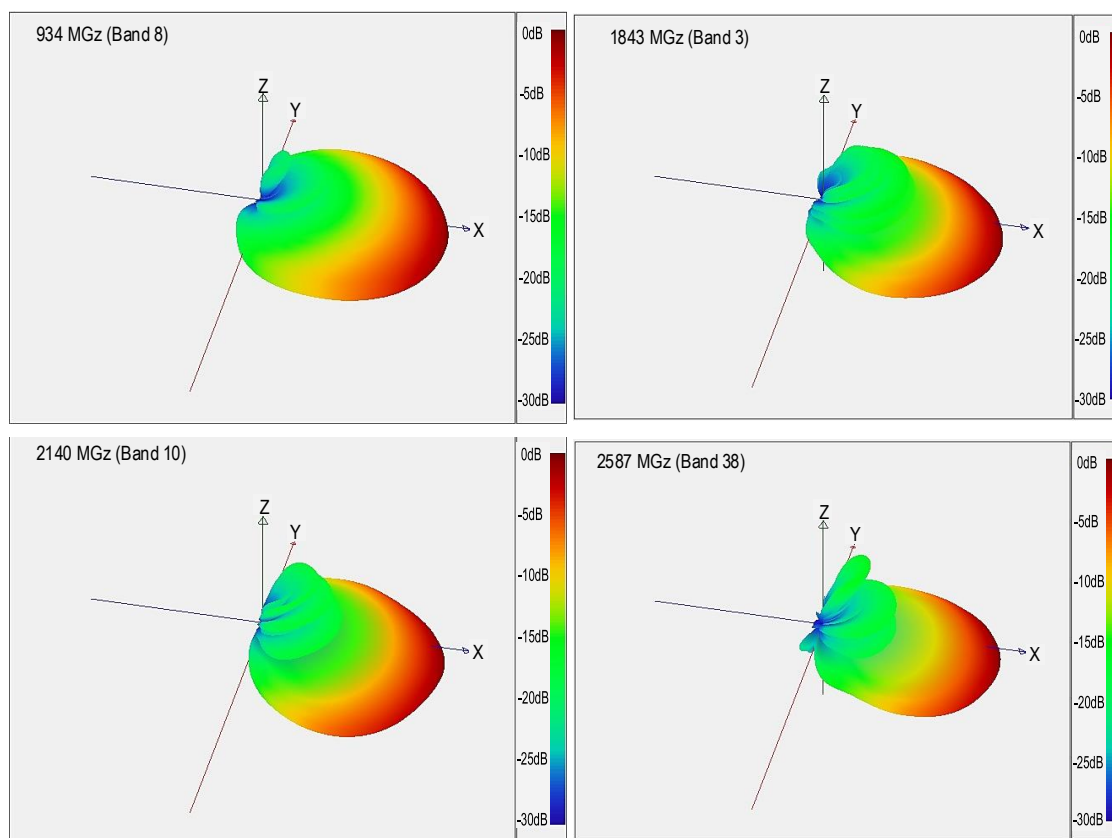
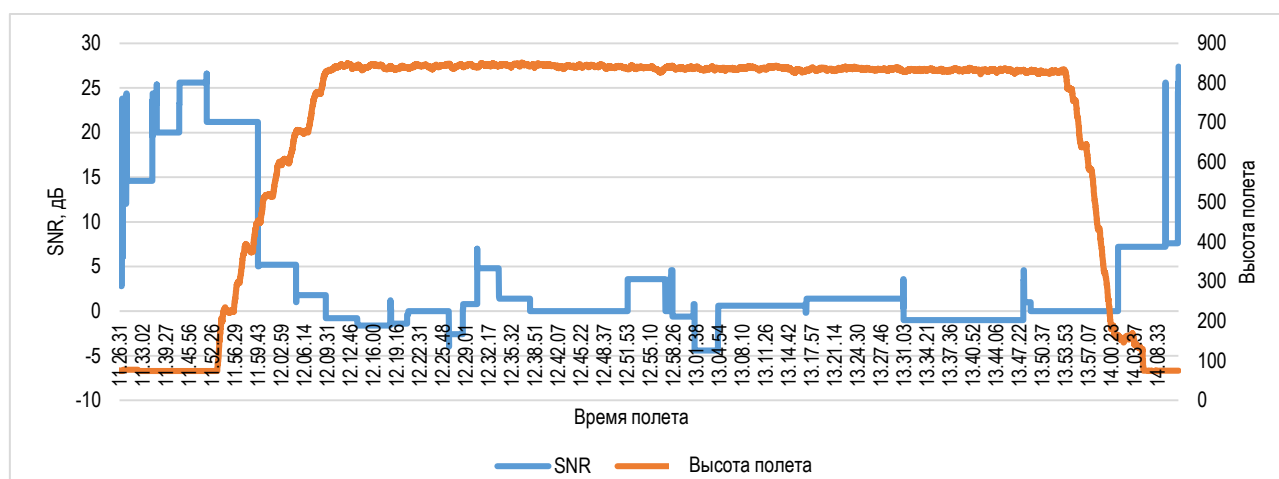
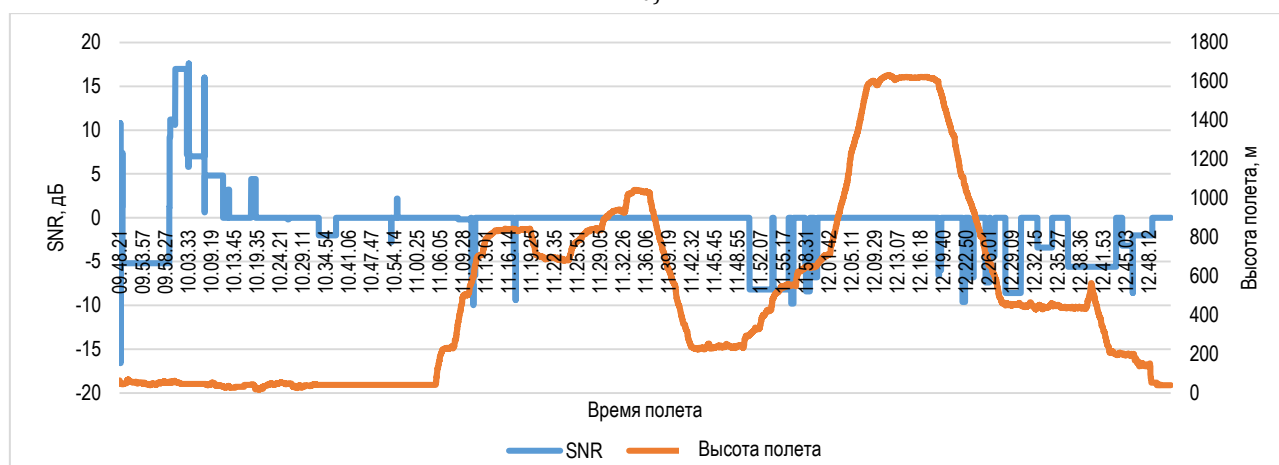


Рис. 7. Диаграмма направленности антенны Huawei AQU4518R1

Fig. 7. Antenna Patterns Huawei AQU4518R1



a)



b)

Рис. 8. Изменение SNR и высоты полета: пригород (а), город (b)

Fig. 8. SNR and Altitude: Suburb (a) City (b)

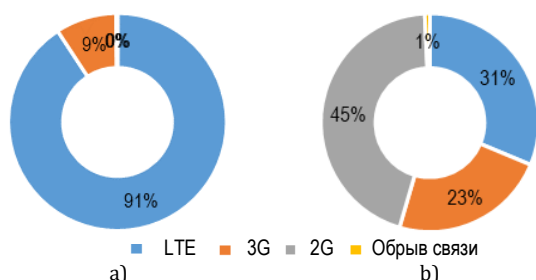


Рис. 9. Соотношение используемых технологий: пригород (а); город (b)

Fig. 9. The Ratio of the Technologies Used: Suburb (a); City (b)

В городской среде работа UE в сети LTE составила всего 31 % времени, что привело к существенному понижению средней скорости передачи данных. В 24 % передача данных не осуществлялась из-за обрыва связи или крайне низких пропускных способностей технологии 2G. Определить хэндовер из LTE в другие технологии можно также по изменению энергетических параметров сигнала. Так, RSSI в используемом приложении имеет отличное от нуля значение только для LTE. На рисунке 10 представлено изменение RSSI, RSRP и RSRQ во время полета БЛА для пригорода и города, соответственно.

Известно, что параметры сигналов, такие как RSSI, RSRP, RSRQ и SNR коррелируют со скоростью передачи данных, которая является важным показателем качества услуги. Рассмотрим зависимость скорости передачи данных с борта БЛА для летного эксперимента в пригороде (рисунки 11a, 11b). Как упоминалось выше, работа БЛА в пригороде характеризуется минимальным переключением с LTE на более ранние технологии и редкими обрывами связи. Средняя скорость в направлении вниз 356 кбит/с, вверх – 1527 кбит/с; пиковая скорость передачи данных 21 Мбит/с и 2634 кбит/с, соответственно. Таким образом, при передаче данных в пригороде может быть обеспечена передача видео по LTE среднего качества.

Рассмотрим зависимость скорости передачи данных с борт БЛА для летного эксперимента в городе (рисунки 11c, 11d). Средняя скорость в направлении вниз 105 кбит/с, вверх – 315 кбит/с; пиковая скорость передачи данных 3683 кбит/с и 13 Мбит/с, соответственно. При этом передача данных по LTE может быть обеспечена только в 30 % случаях. Таким образом, при использовании БЛА в черте города обмен видеотрафиком с НПУ существенно затруднен.

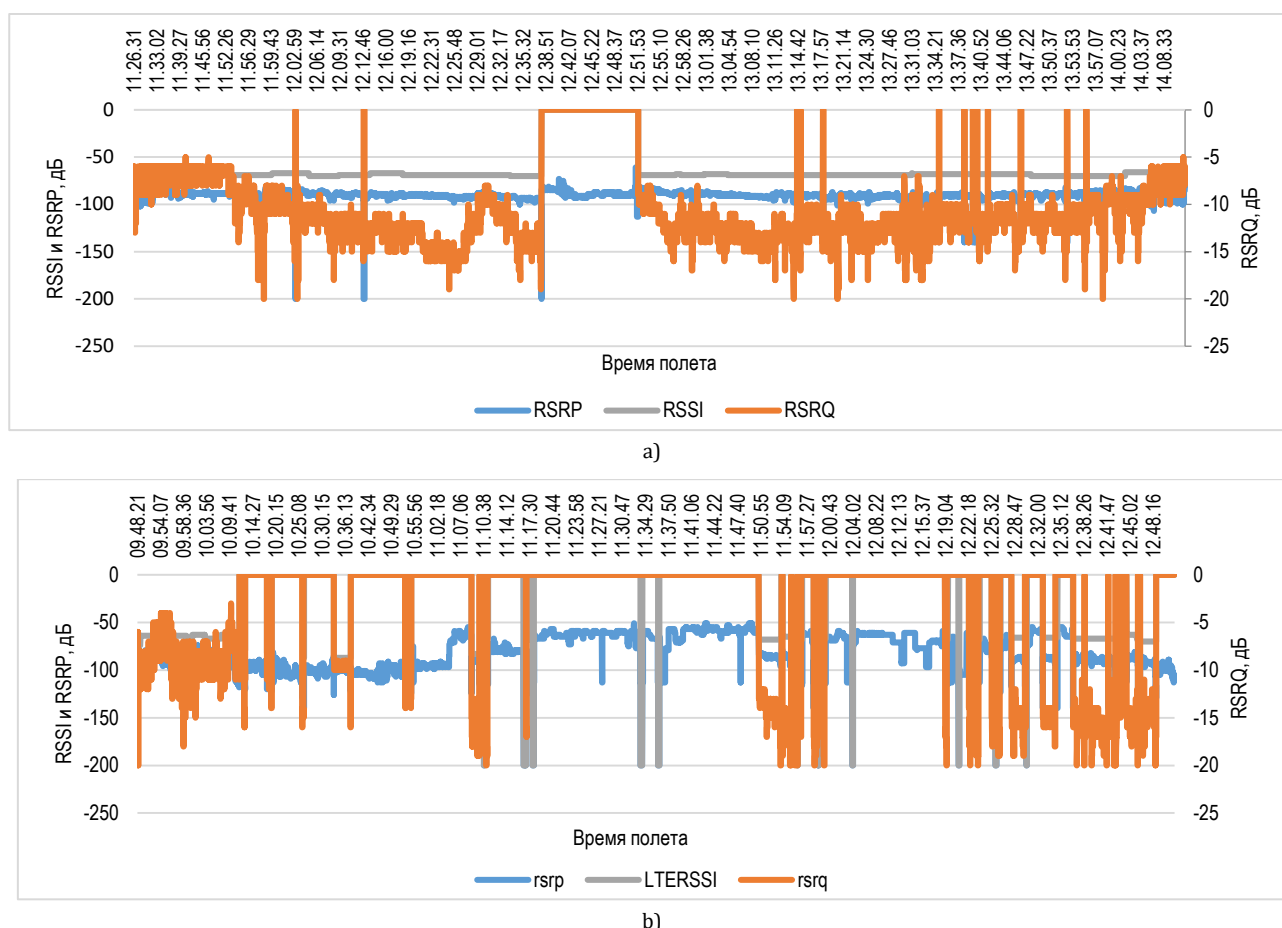


Рис. 10. Уровень сигналов: пригород (а), город (b)

Fig. 10. Signals Level: Suburb (a) City (b)

### Расчет показателей качества связи канала передачи данных БЛА

Отметим, что в полученных лог-файлах отражены параметры сигнала для всех возможных технологий, на которые был произведен хэндовер во время полета. Однако наибольший интерес для передачи видео с борта БЛА представляет LTE, поэтому для оценки качества передачи данных была произведена фильтрация по хэндоверу и из лога убраны строки переключения с LTE на другие технологии.

Для полученных результатов измерений для каналов LTE согласно [15] рассчитаны следующие параметры.

1) Доля успешных сессий загрузки данных с сервера FTP. Расчет показателя выполняется с учетом общего количества попыток по формуле:

$$K_{\text{successFTP}} = \frac{H}{N} \cdot 100 \%,$$

где  $H$  – количество успешных сессий загрузки данных с сервера FTP;  $N$  – общее количество сессий загрузки данных с сервера FTP.

Расчет доли успешных сессий загрузки данных на сервер рассчитывается по той же формуле. Показатель доли загрузки на сервер (или скачивания с него) является приемлемым, если значение  $\leq 90 \%$ .

2) Скорость передачи данных:

$$C = \frac{V_T}{t},$$

где  $V_T$  – объем тестового файла;  $t$  – время загрузки файла в секундах.

Во время измерений фиксируется минимальная и максимальная скорость передачи данных.

3) Средняя скорость передачи данных:

$$C_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^L (C_i)}{L},$$

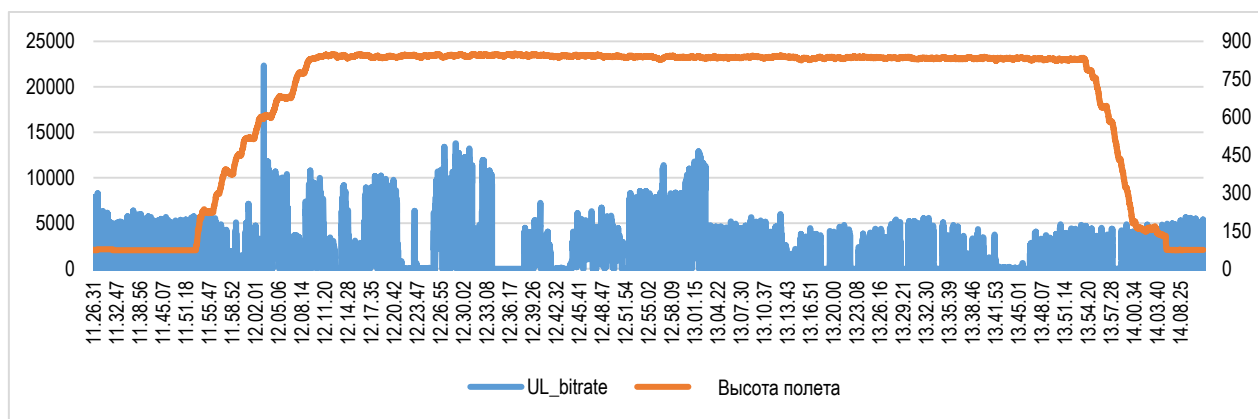
где  $C_i$  – скорость передачи данных в  $i$ -ом измерении;  $i$  – номер измерения;  $L$  – количество измерений.

4) Коэффициент потерь пакетов рассчитывается как отношение общего числа потерянных пакетов к общему числу переданных пакетов:

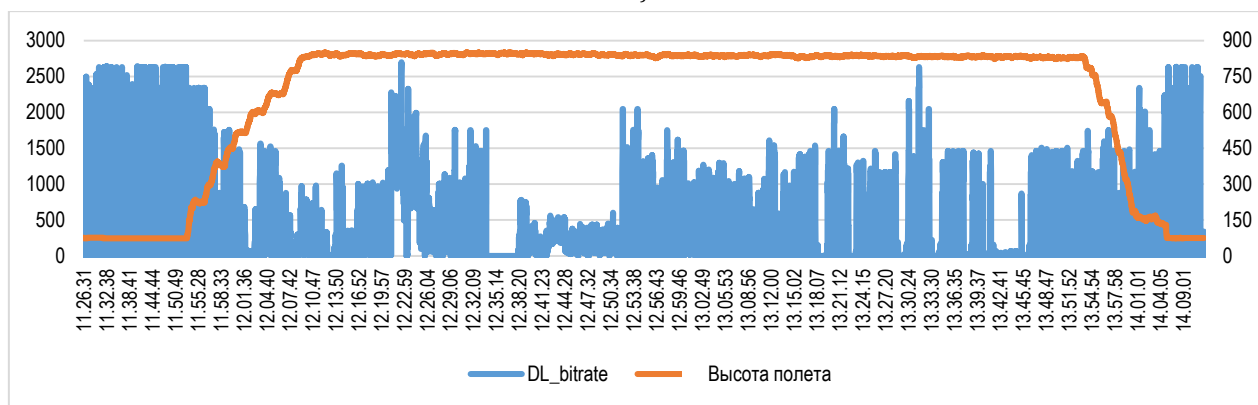
$$\text{IPLR} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{total}}},$$

где  $P_{\text{loss}}$  – количество потерянных пакетов;  $P_{\text{total}}$  – общее количество пакетов.

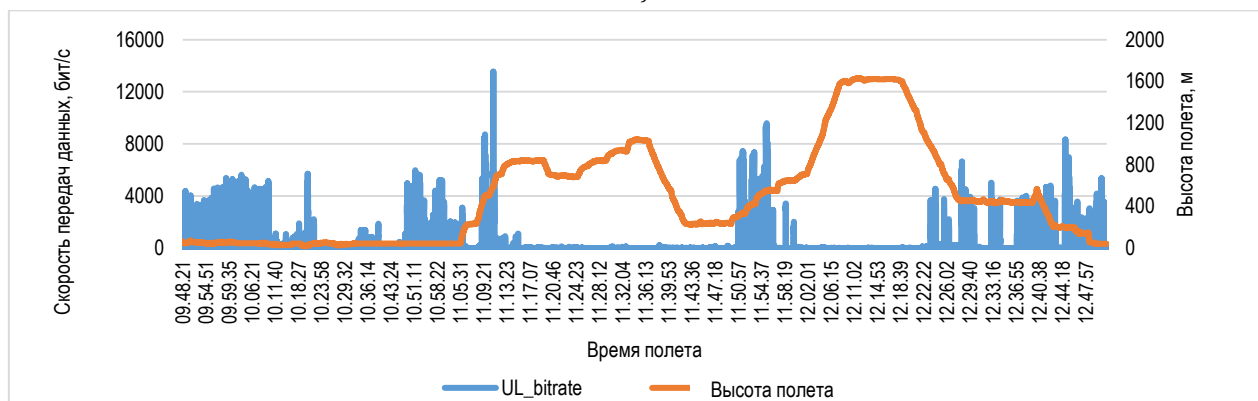
Время ожидания пакета составляет не более 200 мс. Пакет считается утерянным, если не был получен в течение указанного времени.



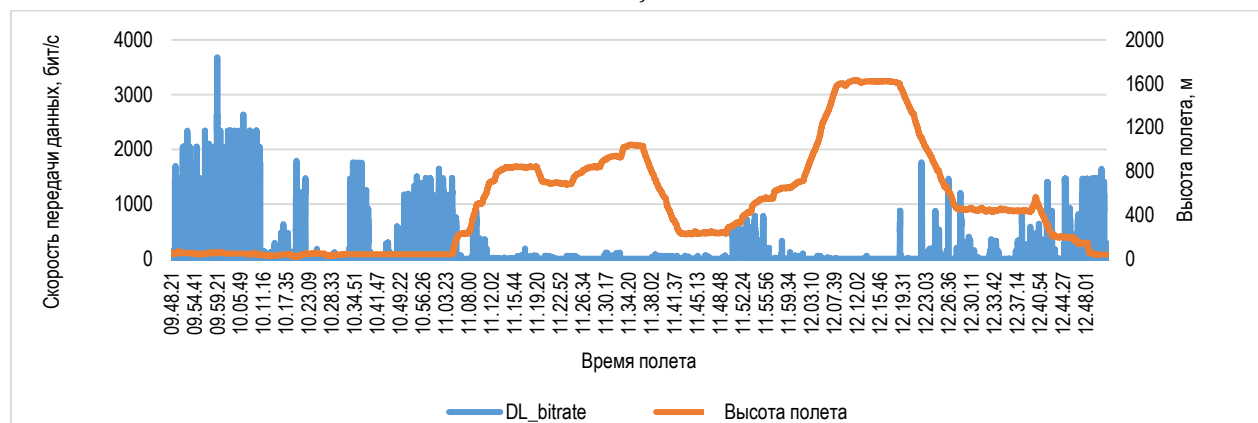
a)



b)



c)



d)

Рис. 11. Скорость передачи данных для пригорода вверх (а) и вниз (б), а также для города вверх (с) и вниз (д)

Fig. 11. Data Transfer Rate: Suburb – Uplink (a) and Downlink (b); City – Uplink (c) and Downlink (d)



5) Среднее время передачи пакета считается односторонней задержкой и определяется:

$$T_{av\_packet\_tr} = T_2 - T_1,$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – время отправки и приема пакета.

Пакет считается утерянным, если  $T_2 - T_1 > 5$  с.

6) Односторонняя средняя задержка рассчитывается как среднее односторонних задержек ( $T$ ) всех успешно переданных пакетов ( $K$ ):

$$IPTD = \sum_{i=1}^K \frac{T_i - T_{i-1}}{K}.$$

Результаты расчета параметров сведены в таблицу 4.

**ТАБЛИЦА 4. Параметры передачи данных в сети LTE**

*TABLE 4. LTE Data Transmission Parameters*

Показатель	Значение
Доля успешных сессий загрузки данных с сервера FTP, %	98,5
Доля успешных сессий загрузки данных на сервер FTP, %	98,2
Средняя скорость передачи данных, Мбит/с	1,5
Коэффициент потерь пакетов	2,5
Односторонняя средняя задержка, мс	180

Таким образом, результаты эксперимента показали, что канал сети мобильной связи можно использовать для передачи видеоинформации с БЛА при условии относительно мягких требований к QoS. При этом управление БЛА по такому каналу осуществлять невозможно, так как коэффициент потерь пакетов и задержка превышают допустимые значения. Отметим, что для канала передачи видеоинформации по показателю средней скорости передачи данных полученные результаты можно отнести к неудовлетворительным, так как собранные

значения средней скорости на 25 % ниже минимальных теоретически необходимых. Отметим и существенное влияние хэндовера в технологию 2G, приводящего к потере сигнала с борта БЛА и делающее нецелесообразным использование мобильной сети общего пользования в черте города.

## Выводы

Таким образом, в статье на примере натурного летного эксперимента показано, что возможно передавать данные телеметрии и видео с борта БЛА самолетного типа на пункт наблюдения по мобильной сети общего пользования. При этом обеспечивается скорость передачи данных 1–1,5 Мбит/с, что достаточно для видео низкого и среднего качества или видео с высокой степенью компрессии. Для городской зоны, характеризующейся плотным расположением базовых станций и их высокой загруженностью, использование БЛА самолетного типа нецелесообразно из-за частых хэндоверов и обрывов связи. Отметим, что данный результат коррелирует с работой [16], в которой получены аналитические результаты по использованию БЛА в городской среде. Также полученные результаты в целом близки к результатам корейских коллег [10]. Однако для мониторинга протяженной инфраструктуры в пригородной зоне такой сценарий приемлем.

Учитывая, что в эксперименте использовался смартфон, который является устройством, ориентированным на использование человеком при относительно невысоких скоростях движения, данный результат можно считать положительным и сделать вывод, что использование сетей LTE для связи с БЛА самолетного типа возможно. В дальнейшем имеет смысл провести исследования в области разработки специализированных модемов, нивелирующих негативные эффекты при передаче видеотрафика с борта БЛА по сети мобильной связи.

## Список используемых источников

1. Muruganathan S.D., Lin X., Määtänen H.L., Sedin J., Zou Z., Hapsari W.A., et al. An overview of 3GPP release-15 study on enhanced LTE support for connected drones // arXiv preprint arXiv:1805.00826. 2018.
2. Ding X., Yin D., Zhou Y., Lai J., Wang Y. Joint communication quality assurance algorithm for UAVs flying over urban LTE networks // Proceedings of the 3rd International Conference on Computer and Communications (ICCC, Chengdu, China, 13–16 December 2017). IEEE, 2017. PP. 490–496. DOI:10.1109/CompComm.2017.8322595
3. Stanczak J., Kovacs I.Z., Koziol D., Wigard J., Amorim R., Nguyen H. Mobility Challenges for Unmanned Aerial Vehicles Connected to Cellular LTE Networks // Proceedings of the 87th Vehicular Technology Conference (VTC Spring, Porto, Portugal, 3–6 June 2018). IEEE, 2018. DOI:10.1109/VTCSpring.2018.8417736
4. Stornig A., Fakhreddine A., Hellwagner H., Popovski P., Bettstetter C. Video Quality and Latency for UAV Teleoperation over LTE: A Study with ns3 // Proceedings of the 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring, Helsinki, Finland, 25–28 April 2021). IEEE, 2021. DOI:10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9448676
5. Nihei K., Kai N., Maruyama Y., Yamashita T., Kanetomo D., Kitahara T., et al. Forest Fire Surveillance using Live Video Streaming from UAV via Multiple LTE Networks // Proceedings of the 19th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC, Las Vegas, USA, 8–11 January 2022). IEEE, 2022. PP. 465–468. DOI:10.1109/CCNC49033.2022.9700621
6. Lin X., Yajnanarayana V., Muruganathan S.D., Gao S., Asplund H., Maattanen H.L. The Sky Is Not the Limit: LTE for Unmanned Aerial Vehicles // IEEE Communications Magazine. 2018. Vol. 56. Iss. 4. PP. 204–210. DOI:10.1109/MCOM.2018.1700643
7. Gharib M., Nandadapu S., Afghah F. An Exhaustive Study of Using Commercial LTE Network for UAV Communication in Rural Areas // Proceedings of the International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops, Montreal, Canada, 14–23 June 2021). IEEE, 2021. PP. 1–6. DOI:10.1109/ICCWorkshops50388.2021.9473547
8. Naveed M., Qazi S., Khawaja B.A. UAV-based Life-Saving Solution For Police To Maintain Social-Distancing During

Covid-19 Pandemic Using 4G-LTE Technology // Proceedings of the International Conference on Communication Technologies (ComTech, Rawalpindi, Pakistan, 21–22 September 2021). IEEE, 2021. PP. 28–32. DOI:10.1109/ComTech52583.2021.9616854

9. Nguyen H.C., Amorim R., Wigard J., Kovacs I.Z., Mogensen P. Using LTE Networks for UAV Command and Control Link: A Rural-Area Coverage Analysis // Proceedings of the 86th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall, Toronto, Canada, 24–27 September 2017). IEEE, 2017. PP. 1–6. DOI:10.1109/VTCFall.2017.8287894

10. Jeong H. H., Lee J., Park S. A Study on Data Acquisition in the Invisible Zone of UAV through LTE Remote Control // Korean Journal of Remote Sensing. 2019. Vol. 35. Iss. 6\_1. PP. 987–997. DOI:10.7780/kjrs.2019.35.6.1.9

11. Агамалян В. А. Опыт разработки БПЛА для мониторинга технологических объектов и обеспечения проведения аварийно-спасательных работ // V военно-научная конференция (Анапа, Россия, 29–30 июля 2020) «Роботизация Вооружённых Сил Российской Федерации». Анапа: Федеральное государственное автономное учреждение "Военный инновационный технополис "ЭРА", 2020. С. 228–239.

12. Белоногов А.С., Шорохов Н.С. Мониторинг состояния объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта на основе технологии FUSN // Инфокоммуникационные технологии. 2021. Т. 19. № 1. С. 40–46. DOI:10.18469/ikt.2021.19.1.05

13. Корепанов К.Э., Шибанов Р.Э., Кайсина И.А., Абилов А.В., Ламри М.А. Анализ моделей распространения радиосигнала для имитационного моделирования беспроводных сетей в среде NS-3 // XXXI Республиканская выставка-сессия студенческих инновационных проектов и XL Научно-технической конференции молодежи АО «ИЭМЗ «Купол»: ВЫСТАВКА ИННОВАЦИЙ-2021 (ВЕСЕННЯЯ СЕССИЯ), Ижевск, Россия, 23 марта–22 апреля 2021. Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2021. С. 66–72.

14. Никитина А.В., Митряшкина Д.Ю. Анализ требований к каналам действующих сетей мобильной связи для передачи данных с борта беспилотного летательного аппарата // 45-я международная конференция «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом» (Москва, Россия, 02–03 июля 2020). Москва: ЗАО "Национальный институт радио и инфокоммуникационных технологий", 2020. С. 9–11.

15. Программа и методики проведения контроля параметров качества услуг подвижной радиотелефонной связи, включая MVNO. URL: [https://rkn.gov.ru/docs/Programma\\_i\\_metodiki\\_kontrolja\\_kachestva\\_sotovoj\\_svjazi1.pdf](https://rkn.gov.ru/docs/Programma_i_metodiki_kontrolja_kachestva_sotovoj_svjazi1.pdf) (дата обращения 11.03.2022)

16. Galkin B., Kibilda J., DaSilva L.A. Backhaul for Low-Altitude UAVs in Urban Environments // Proceedings of the International Conference on Communications (ICC, Kansas City, USA, 20–24 May 2018). IEEE, 2018. DOI:10.1109/ICC.2018.8422376

\* \* \*

## The Study of the Possibility of Using Public Mobile Communication Networks for Video Data Transmission from UAV

A. Baranov<sup>1</sup>, A. Nikitina<sup>2</sup>, O. Simonina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MegaFon PJSC,  
St. Petersburg, 191104, Russian Federation

<sup>2</sup>The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications,  
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

### Article info

DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-16-26

Received 24th February 2022

Revised 11th March 2022

Accepted 16th March 2022

**For citation:** Baranov A., Nikitina A., Simonina O. The Study of the Possibility of Using Public Mobile Communication Networks for Video Data Transmission from UAV. *Proc. of Telecom. Universities*. 2022;8(1):16–26. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-16-26

**Abstract:** The article describes the results of a flight experiment on the use of a public mobile communication network, conducted in St. Petersburg and its suburbs. The numerical values are given for the signal quality parameters: RSSI, RSRP, RSRQ, SNR and the average data transfer rate from the UAV and to the UAV. It is shown that interRAT-handover significantly affects the urban area, which is associated with a high density of base stations. It is concluded that it is possible to transmit video traffic from a UAV for infrastructure monitoring with requirements for a data transfer rate of 1–1.5 Mbps.

**Keywords:** UAV, LTE, radio signal parameters, mobile network.


## References

1. Muruganathan S.D., Lin X., Määtänen H.L., Sedin J., Zou Z., Hapsari W.A., et al. An overview of 3GPP release-15 study on enhanced LTE support for connected drones. *arXiv preprint arXiv:1805.00826*. 2018.
2. Ding X., Yin D., Zhou Y., Lai J., Wang Y. Joint communication quality assurance algorithm for UAVs flying over urban LTE networks. *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer and Communications, ICC, Chengdu, China, 13–16 December 2017*. IEEE; 2017. p.490–496. DOI:10.1109/CompComm.2017.8322595
3. Stanczak J., Kovacs I.Z., Koziol D., Wigard J., Amorim R., Nguyen H. Mobility Challenges for Unmanned Aerial Vehicles Connected to Cellular LTE Networks. *Proceedings of the 87th Vehicular Technology Conference, VTC Spring, 3–6 June 2018, Porto, Portugal*. IEEE; 2018. DOI:10.1109/VTCSpring.2018.8417736
4. Stornig A., Fakhreddine A., Hellwagner H., Popovski P., Bettstetter C. Video Quality and Latency for UAV Teleoperation over LTE: A Study with ns3. *Proceedings of the 93rd Vehicular Technology Conference, VTC2021-Spring, 25–28 April 2021, Helsinki, Finland*. IEEE; 2021. DOI:10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9448676
5. Nihei K., Kai N., Maruyama Y., Yamashita T., Kanetomo D., Kitahara T., et al. Forest Fire Surveillance using Live Video Streaming from UAV via Multiple LTE Networks. *Proceedings of the 19th Annual Consumer Communications & Networking Conference, CCNC, 8–11 January 2022, Las Vegas, USA*. IEEE; 2022. p.465–468. DOI:10.1109/CCNC49033.2022.9700621
6. Lin X., Yajnanarayana V., Muruganathan S.D., Gao S., Asplund H., Maattanen H.L. The Sky Is Not the Limit: LTE for Unmanned Aerial Vehicles. *IEEE Communications Magazine*. 2018;56(4):204–210. DOI:10.1109/MCOM.2018.1700643
7. Gharib M., Nandadapu S., Afghah F. An Exhaustive Study of Using Commercial LTE Network for UAV Communication in Rural Areas. *Proceedings of the International Conference on Communications Workshops, ICC Workshops, 14–23 June 2021, Montreal, Canada*. IEEE; 2021. p.1–6. DOI:10.1109/ICCWorkshops50388.2021.9473547
8. Naveed M., Qazi S., Khawaja B.A. UAV-based Life-Saving Solution For Police To Maintain Social-Distancing During Covid-19 Pandemic Using 4G-LTE Technology. *Proceedings of the International Conference on Communication Technologies, ComTech, 21–22 September 2021, Rawalpindi, Pakistan*. IEEE; 2021. PP.28–32. DOI:10.1109/ComTech52583.2021.9616854
9. Nguyen H.C., Amorim R., Wigard J., Kovacs I.Z., Mogensen P. Using LTE Networks for UAV Command and Control Link: A Rural-Area Coverage Analysis. *Proceedings of the 86th Vehicular Technology Conference, VTC-Fall, 24–27 September 2017, Toronto, Canada*. IEEE; 2017. p.1–6. DOI:10.1109/VTCFall.2017.8287894
10. Jeong H. H., Lee J., Park S. A Study on Data Acquisition in the Invisible Zone of UAV through LTE Remote Control. *Korean Journal of Remote Sensing*. 2019;35(6\_1):987–997. DOI:10.7780/kjrs.2019.35.6.1.9
11. Agamalyan V. A. Experience in Developing UAVs for Monitoring Technological Facilities and Ensuring Emergency Rescue Operations. *Proceedings of the Vth Military Scientific Conference, July 29–30, 2020, Anapa, Russia on Robotics of the Armed Forces of the Russian Federation*. Anapa: Federal State Autonomous Institution "Military Innovative Technopolis "ERA"; 2020. p.228–239. (in Russ.)
12. Belonogov A.S., Shorokhov N.S. Monitoring of the State of Railway Infrastructure Objects Based on FUSN Technology. *Infokommunikacionnye tehnologii*. 2021;19(1):40–46. DOI:10.18469/ikt.2021.19.1.05 (in Russ.)
13. Korepanov K.E., Shibanov R.E., Kaysina I.A., Abilov A.V., Lamri M.A. Analysis of Radio Signal Propagation Models for Simulating Wireless Networks in the NS-3 Environment. *Proceedings of the XXXIst Republican Exhibition-Session of Student Innovation Projects and XLth Scientific and Technical Youth Conference of Izhevsk Elektromekhanicheskiy Zavod: Innovation Exhibition-2021 (Spring Session), 23 March–22 April 2021, Izhevsk, Russia*. Izhevsk: Kalashnikov Izhevsk State Technical University Publ.; 2021. p.66–72. (in Russ.)
14. Nikitina A., Mityashkina D. Analysis of the Requirements to Channels of Existing Mobile Communication Networks for Data Transmitting from an Unmanned Aerial Vehicle. *Proceedings of the 45th International Conference "Mobile Business: Prospects for the Development and Implementation of Radio Communication Systems in Russia and Abroad", 02–03 July 2020, Moscow, Russia*. Moscow: National Institute of Radio and Infocommunication Technologies Publ.; 2020. p.9–11. (in Russ.)
15. The Program and Methods for Monitoring the Quality Parameters of Mobile Radiotelephone Services, Including MVNO. Available from: [https://rkn.gov.ru/docs/Programma\\_i\\_metodiki\\_kontrolja\\_kachestva\\_sotovoj\\_svjazi1.pdf](https://rkn.gov.ru/docs/Programma_i_metodiki_kontrolja_kachestva_sotovoj_svjazi1.pdf) [Accessed 11/03/22]
16. Galkin B., Kibilda J., DaSilva L.A. Backhaul for Low-Altitude UAVs in Urban Environments. *Proceedings of the International Conference on Communications, ICC, 20–24 May 2018, Kansas City, USA*. IEEE; 2018. DOI:10.1109/ICC.2018.8422376

## Сведения об авторах:


**БАРАНОВ**  
**Артём Андреевич**

старший инженер по эксплуатации пакетной опорной сети ЕЦУС ПАО «Мегасет», [baranov.artiom97@gmail.com](mailto:baranov.artiom97@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0001-5150-5330>


**НИКИТИНА**  
**Александра Викторовна**

кандидат технических наук, доцент кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, [nikitina.av@spbgut.ru](mailto:nikitina.av@spbgut.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-9546-012X>

**СИМОНИНА**  
**Ольга Александровна**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, [olga.simonina@spbgut.ru](mailto:olga.simonina@spbgut.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-3245-7959>