

**Презентация к выпускной квалификационной работе
на тему: «Многоуровневое зонирование качества покрытия
сетей радиодоступа»**

**Выполнил: Козлов Михаил Дмитриевич
Ст. Гр. РМ-94
Научный руководитель: Коротин В.Е..**

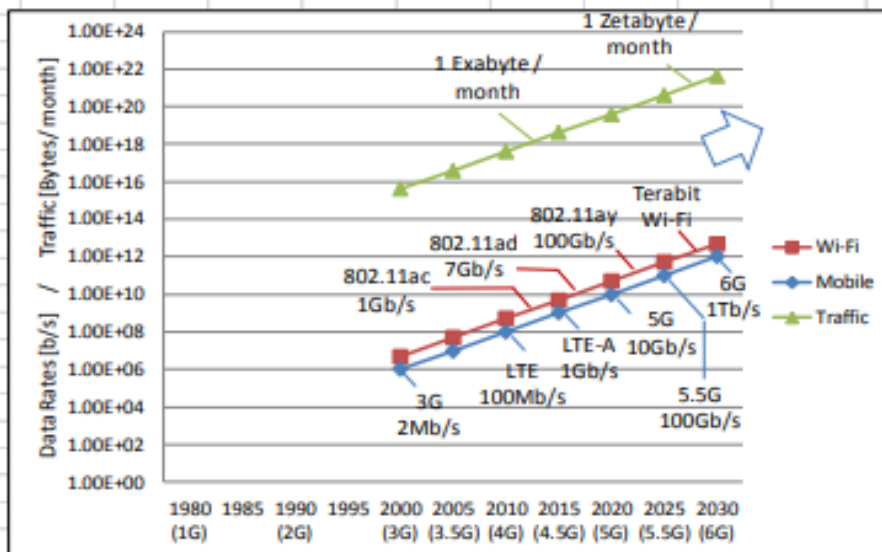
**Санкт-Петербург
2023г.**

Цель —исследование возможности применения БПЛА в исследовании покрытия сети сотовой связи , а также внедрение решений в отрасль связи Российской Федерации.

Задачи:

Исследование существующих методов измерения покрытия сетей сотовых связей , рассмотрение их недостатков , анализ существующей информации о практическом применении действующих математических и программно-аппаратных моделей

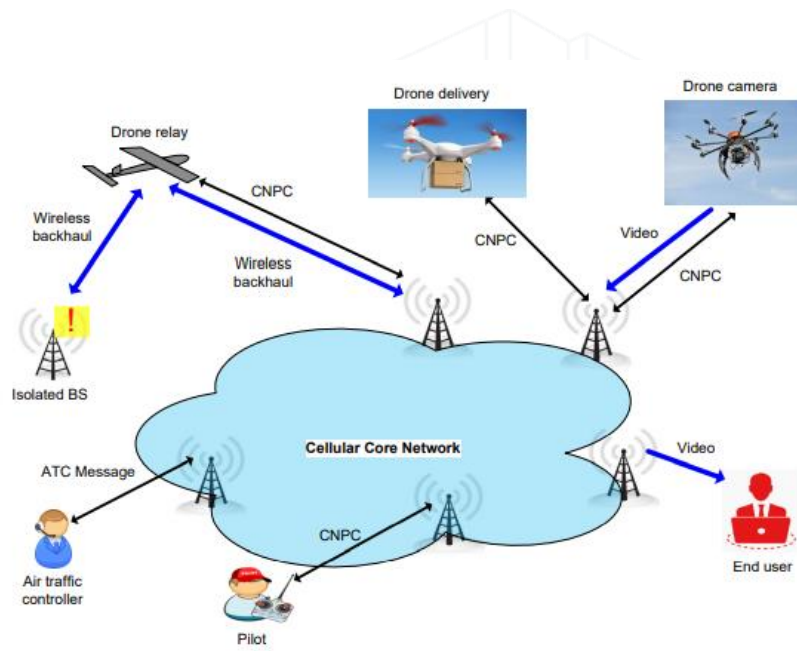
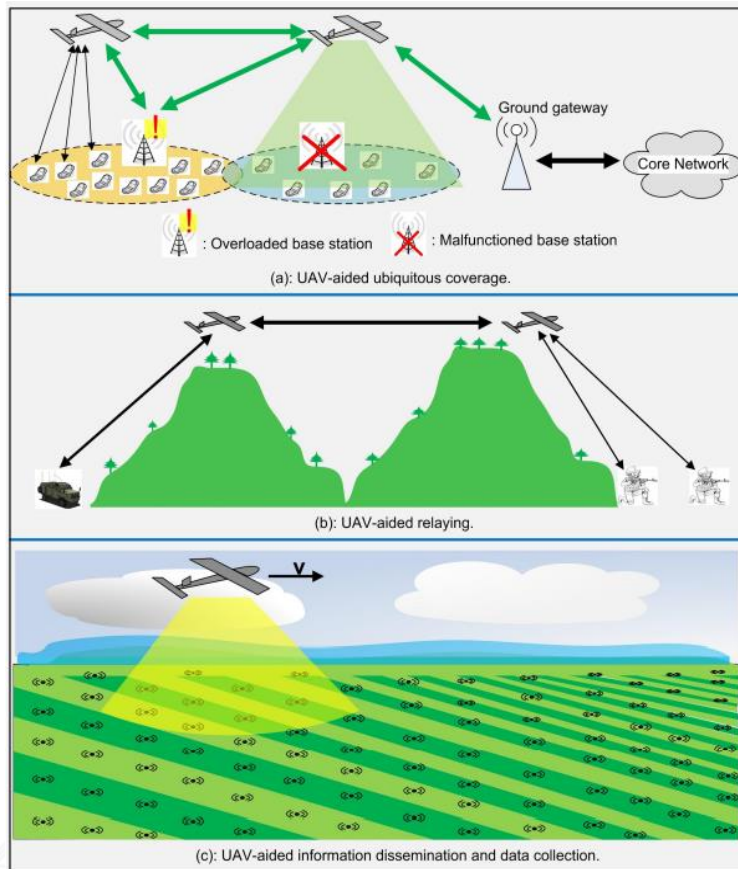
Теоретическая оценка преимуществ предложенного в работе метода перед существующими измирительно-аналитическими платформами, предложение по их внедрению в предложенный метод

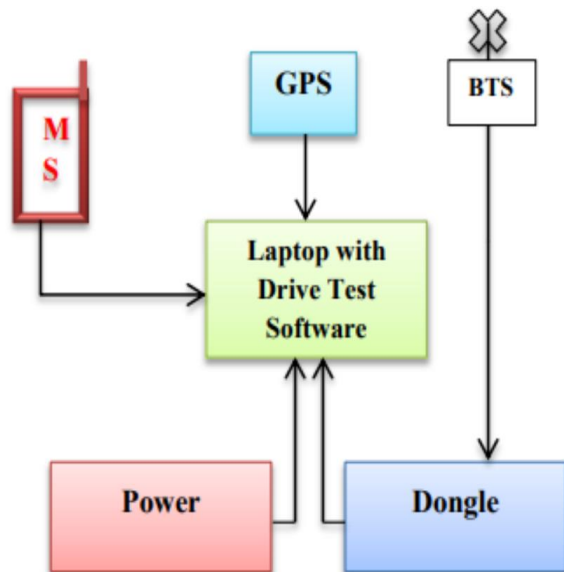


Тренд роста месячного трафика

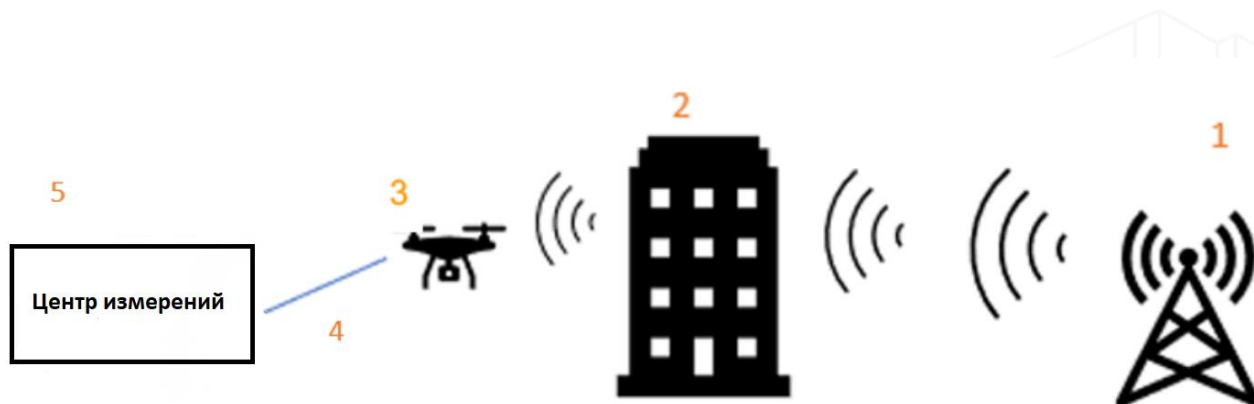
Сценарии применения БПЛА

СПб ГУТ)))





Платформа с БПЛА как способ измерения



Математические модели для расчета основных потерь передачи в СПС

СПб ГУТ)))

Наименование, источник информации	Условия применимости, исходные данные	Описание зоны, дополнительные условия	Расчетное уравнение
Окамура-Хата (Rec. ITU-R P.529-2)	$F = 150 \dots 1000$ МГц $H_{BS} = 30 \dots 200$ м $H_{MS} = 1 \dots 10$ м $R = 1 \dots 20$ км	Средний и малый город (medium stall city)	$L_1 = 68,75 - 13,82 \lg(H_{BS}) + 27,72 \lg(F) - (1,1 \lg F - 0,7) \cdot H_{MS} + (44,9 - 6,55 \lg(H_{BS})) \cdot \lg(R)$
		Большой город (large city), $F \leq 200$ МГц	$L_2 = 68,45 - 13,82 \lg(H_{BS}) + 26,16 \lg(F) - 8,29 (\lg(1,54 H_{MS}))^2 + (44,9 - 6,55 \lg(H_{BS})) \cdot \lg(R)$
		Большой город (large city), $F \geq 400$ МГц	$L_3 = 74,52 - 13,82 \lg(H_{BS}) + 26,16 \lg(F) - 3,2 (\lg(11,75 H_{MS}))^2 + (44,9 - 6,55 \lg(H_{BS})) \cdot \lg(R)$
		Пригород (suburban)	$L_4 = 63,35 - 13,82 \lg(H_{BS}) + 27,72 \lg(F) - 2 (\lg(F / 28))^2 - (1,1 \lg F - 0,7) \cdot H_{MS} + (44,9 - 6,55 \lg(H_{BS})) \cdot \lg(R)$
		Сельская местность – квазиоткрытая зона (Rural Quasi - Open) Сельская местность – открытая, голая, пустынная зона (Rural Open-Area)	$L_5 = 32,81 - 13,82 \lg(H_{BS}) + 46,05 \lg(F) - 4,78 (\lg(F))^2 - (1,1 \lg F - 0,7) \cdot H_{MS} + (44,9 - 6,55 \lg(H_{BS})) \cdot \lg(R)$ $L_6 = 27,81 - 13,82 \lg(H_{BS}) + 46,05 \lg(F) - 4,78 (\lg(F))^2 - (1,1 \lg F - 0,7) \cdot H_{MS} + (44,9 - 6,55 \lg(H_{BS})) \cdot \lg(R)$
КОСТ 231 - Хата (COST 231 - Hata)	$F = 1500 \dots 2000$ МГц $H_{BS} = 30 \dots 200$ м $H_{MS} = 1 \dots 10$ м $R = 1 \dots 20$ км	Средний город и пригородный центр с умеренной плотностью посадки деревьев (medium sized city and suburban centres)	$L_7 = 45,5 - 13,82 \lg(H_{BS}) + 35,4 \lg(F) - (1,1 \lg F - 0,7) \cdot H_{MS} + (44,9 - 6,55 \lg(H_{BS})) \cdot \lg(R)$
		Центр столичного города (metropolitan centres)	$L_8 = 48,5 - 13,82 \lg(H_{BS}) + 35,4 \lg(F) - (1,1 \lg F - 0,7) \cdot H_{MS} + (44,9 - 6,55 \lg(H_{BS})) \cdot \lg(R)$

Математические модели для расчета основных потерь передачи в СПС

- МОДЕЛЬ ЭРИКСОНА 9999

$$L = a_0 + a_1 \times \lg(R) + a_2 \times \lg(h_t) + a_3 \times \lg(h_t) \times \lg(R) - 3,2 \times (\lg(11,75 \times h_r)^2) + 44,49 \times \lg(f) - 4,78 \times (\lg(f))^2,$$

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИ ЭРИКСОНА 9999

Тип местности	a_0	a_1	a_2	a_3
Городская	36,2	30,2	12	0,1
Пригородная	43,2	68,93	12	0,1
Сельская	45,95	100,6	12	0,1

Модель CCIR

$$L = A + B \times \lg(R) - E,$$

$$A = 69,55 + 26,16 \times \lg(f) - 13,82 \times \lg(h_t) - (1,1 \times \lg(f) - 0,7) \times h_r + 1,56 \times \lg(f) - 0,8,$$

$$B = 44,9 - 6,55 \times \lg(h_t),$$

$$E = 30 - 25 \times \lg(PB),$$

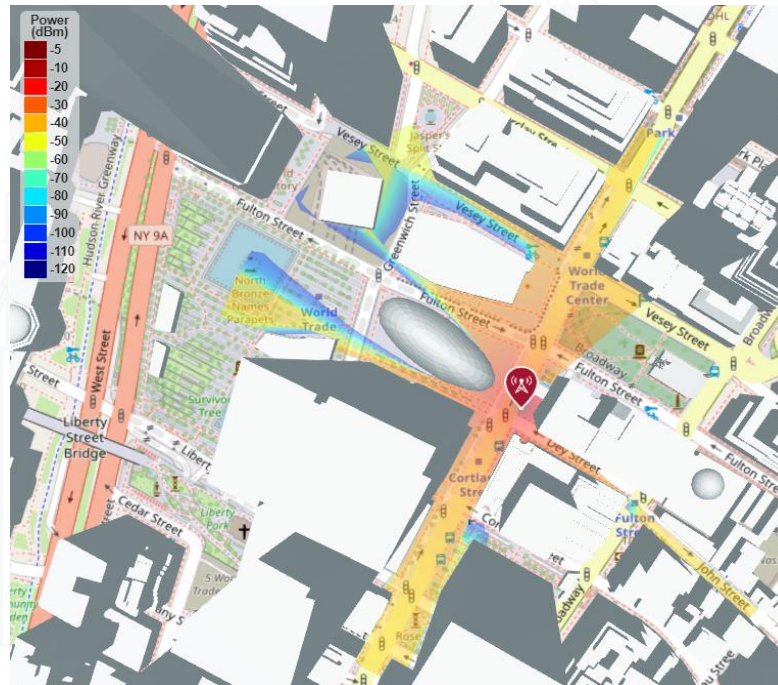
Сравнение моделей в городской застройке

СПб ГУТ)))

Название модели	Диапазон частот (МГц)	Трасса (км)	Высота антенны БС(м)	Высота антенны АС(м)	Особенности
CCIR	150 – 1000	1 – 20	30-200	1-10	Учитывается коэффициент застройки
<u>Окамура</u> – Хата	150-1500	1-20	30-200	1-10	Применима для большинства условий
COST231 – Хата	1500-2000	1-20	30-200	1-10	Небольшой частотный диапазон
Эриксона 9999	От 1500	1-20	30-200	1-10	Применима для большинства современных стандартов связи

Модель ITM (Irregular Terrain Model) Лонгли–Райса

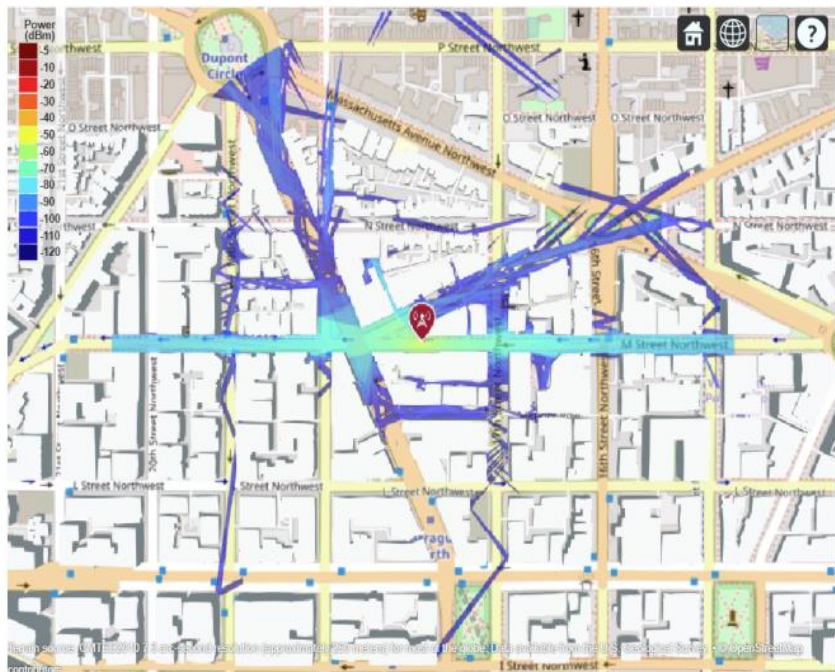
- Допустимый диапазон частот от 20 МГц до 20 ГГц. Расстояние от АС до БС 1...2000км, высота БС от 1...3000м



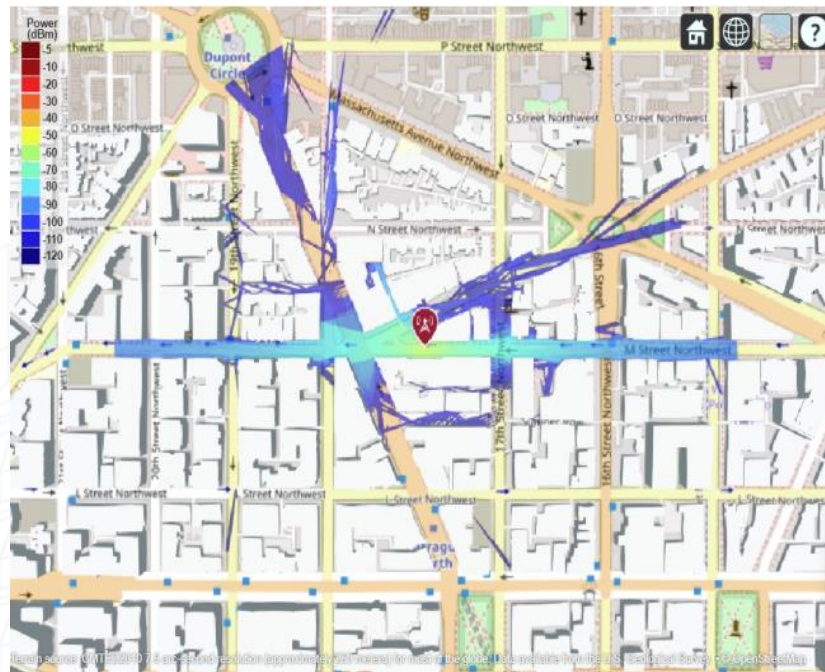
Моделирование измерения покрытия БПЛА

СПбГУТ)))

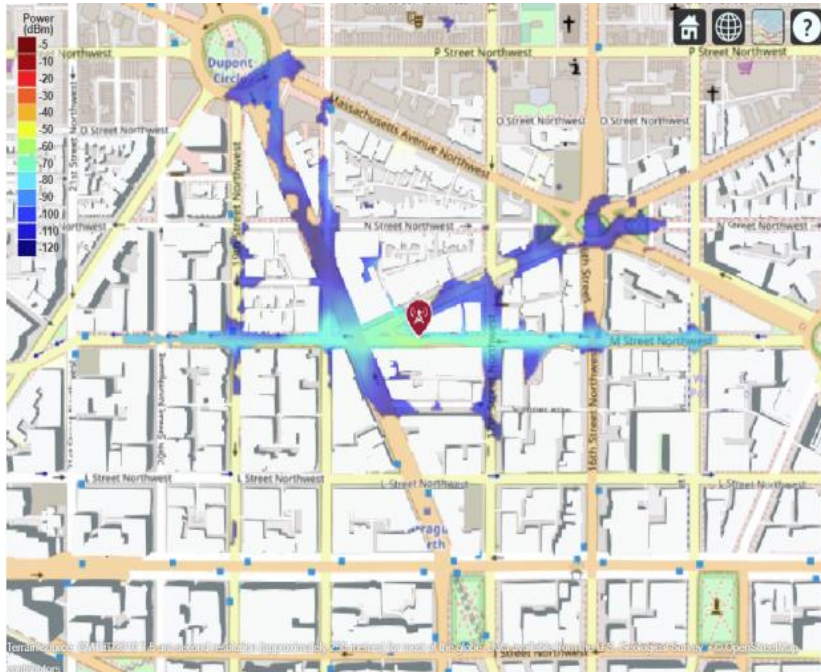
Параметр	Значения
Территория моделирования	Центр г. Вашингтон из OSM
Локация БС	Широта 38.90567183758209 Долгота -77.03989679655152
Высота подвеса БС	15м
Максимальное число отражений волн	10
Материал зданий	Бетон
Максимальная дальность покрытия	500м (подходит для LTE)
Высота зоны измерения	1, 10, 20 м
Мощность передатчика	46 дБм
Частоты передатчика	2620-2690 МГц
Атмосферные эффекты	Без эффектов, дождь



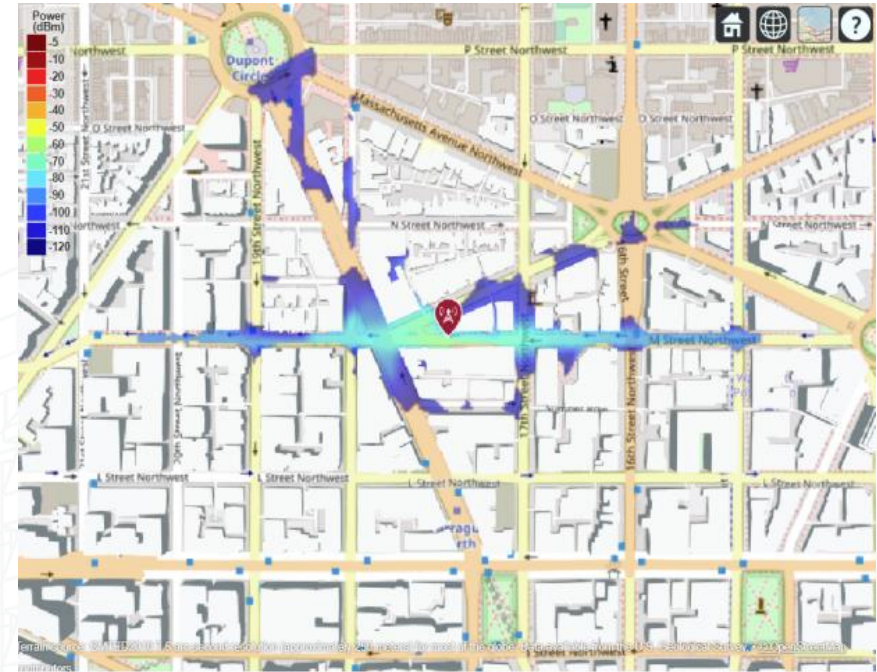
1м без погодных эффектов



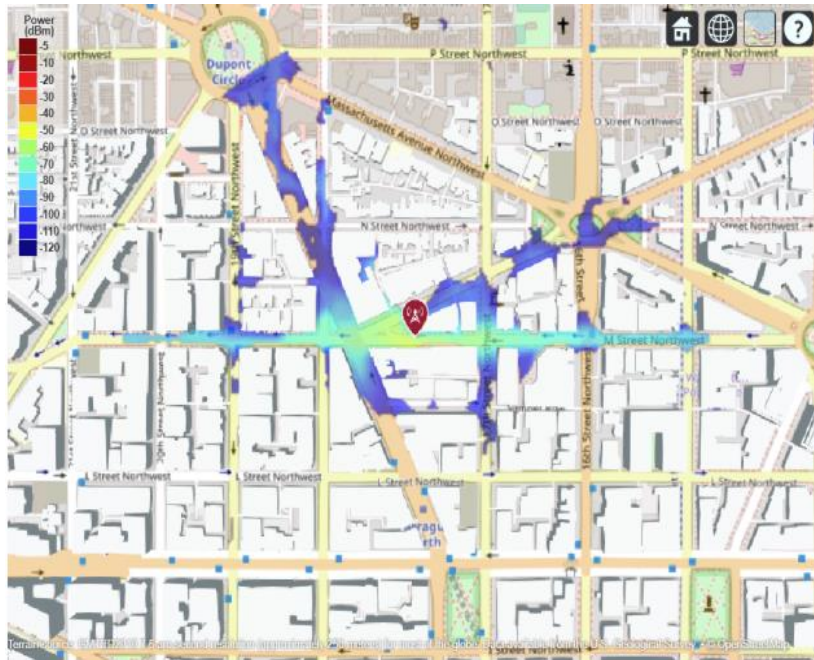
1м погодные эффекты



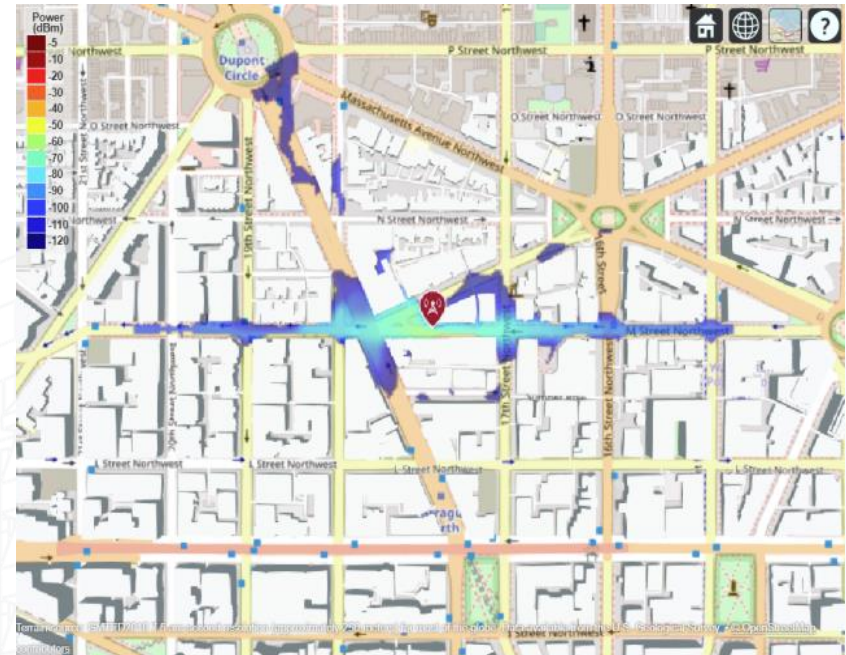
10 м без погодных эффектов



10 м с погодными эффектами



20 м без погодных эффектов



20 м с погодными эффектами

Создание макетного прототипа

СПбГУТ)))

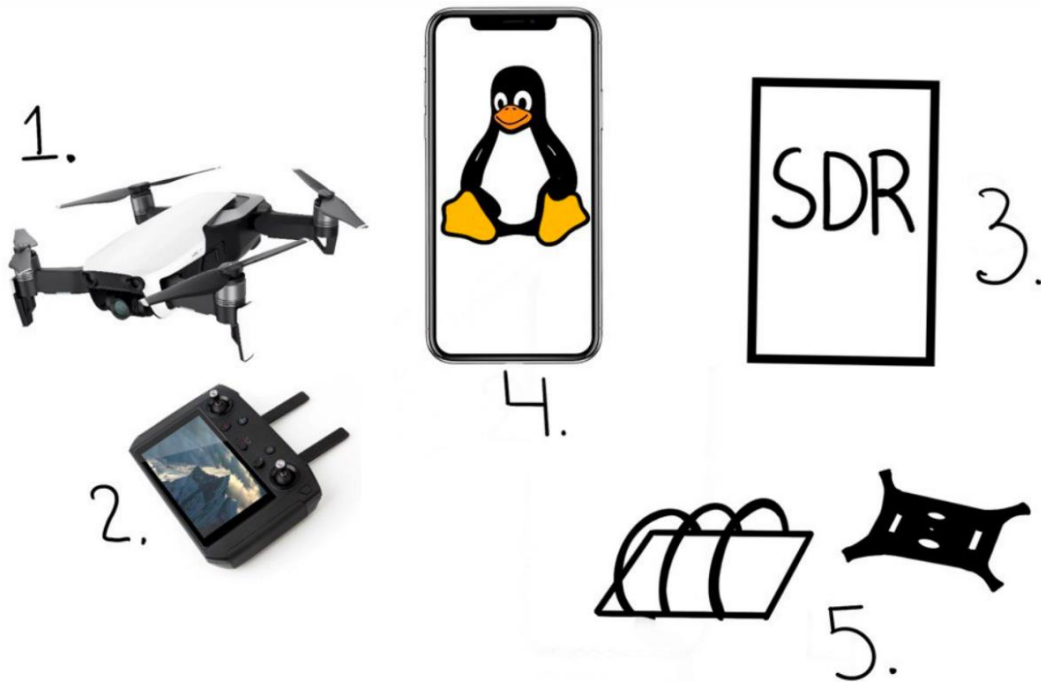
1. корпус БПЛА

2. Контроллер

3. SDR-приемник

4. Мобильный терминал с
предустановленным ПО

5. Крепления для
оборудования



Программная часть

СПбГУТ)))

1. Передача от БС (LTE/ 5G NR) к SDR-приемнику

2. Передача log-файлов от SDR-приемника , к
мобильному терминалу

3. Передача собранных данных от мобильного
терминала к БС (LTE/5G NR)

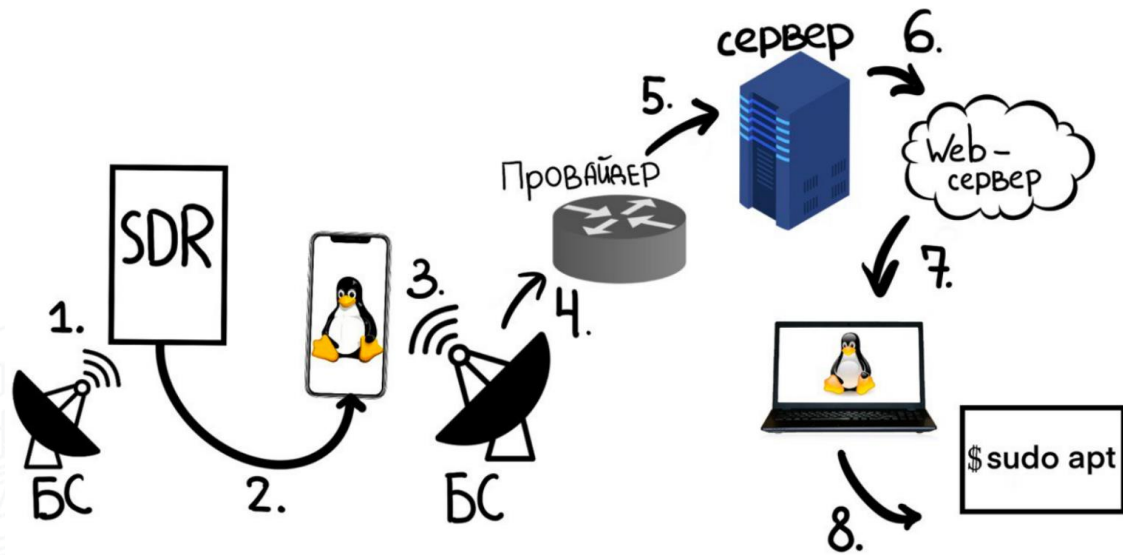
4. Передача данных от БС к провайдеру услуг

5. Передача пакетных данных от провайдера на сервер

6. Передача данных от сервера на веб-сервер

7. Подключение к веб-серверу удаленно инженера с
персонального компьютера

8. Интерфейс программного продукта , размещенного
на веб-сервере



- 1.S. Tan, C. Dun, F. Jin and K. Xu, "UAV Control in Smart City Based on Space-Air-Ground Integrated Network," 2021 International Conference on Internet, Education and Information Technology (IEIT)
2. Helka-Liina Määttänen, "3GPP Standardization for Cellular-Supported UAVs," in UAV Communications for 5G and Beyond , IEEE
- 3.Wang H., Zhang P., Li J., You X. Radio propagation and wireless coverage of LSAA-based 5G millimeter-wave mobile communication systems. China Communications,2019
4. B. Shang, V. Marojevic, Y. Yi, A. S. Abdalla and L. Liu, "Spectrum Sharing for UAV Communications: Spatial Spectrum Sensing and Open Issues," in IEEE Vehicular Technology Magazine
5. Hufford, G. A., A. G. Longley, and W. A. Kissick (1982), A guide to the use of the ITS Irregular Terrain Model in the area prediction mode, NTIA Report
6. Rohde & Schwarz; R&S®ROMES4 Drive Test Software