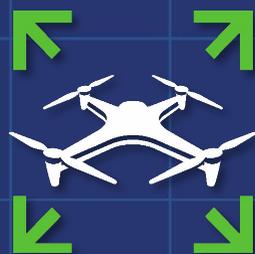




Всероссийский конкурс
«КАДРЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. СОЗДАНИЕ ЗАКОНЧЕННЫХ
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ В РЕЖИМЕ СОРЕВНОВАНИЙ
«КИБЕРДРОМ»



Кибердром ²⁰²²

ГК «Геоскан»

Модуль: ВВЕДЕНИЕ В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
«ЭКСПЛУАТАЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ
СИСТЕМ»

Название темы: Основы навигации в пространстве

Преподаватель: Божко Петр Анатольевич, программист



Москва, 2022



Изучаемые вопросы



Кибердром²⁰²²

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

1. GPS/ГЛОНАС
2. LPS УЗ (ультразвук)
3. LPS ИК (инфракрасный)
4. ОПТ (оптический поток)



- Изучение основных систем навигации, используемых на квадрокоптере «Пионер»
- Выделение достоинств и недостатков каждой из систем

БПЛА «Пионер»



Кибердром 2022

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Продолжительность полета	до 17 мин
Макс. допустимая скорость ветра	до 5 м/с
Скорость полета	до 65 км/ч
Масса квадрокоптера	230 г
Габаритные размеры	290x290x120 мм
Макс. высота полета	500 м
Температура эксплуатации	от 0 до +40°C
Двигатели бесколлекторные,	1306 3100 KV
Взлет / посадка	вертикально

GPS-приемник измеряет моменты времени приёма синхронизированного сигнала от навигационных спутников.

$$|r - a_j| = c * (t_j - \tau)$$

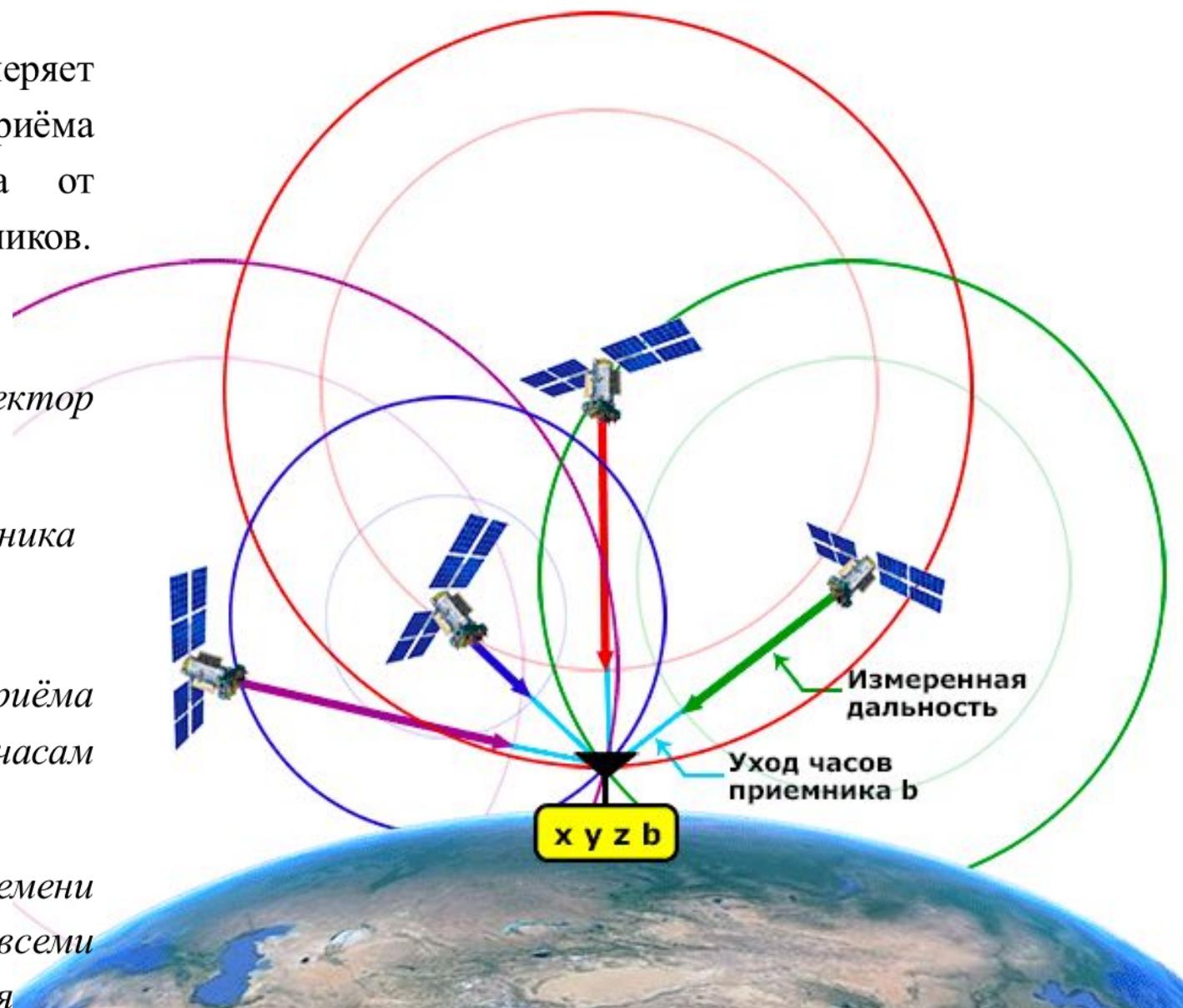
r – неизвестный радиус-вектор потребителя

a_j – радиус-вектор j -ого спутника

c – скорость света

t_j – момент времени приёма сигнала от j -ого спутника по часам потребителя

τ – неизвестный момент времени синхронного излучения сигнала всеми спутниками по часам потребителя

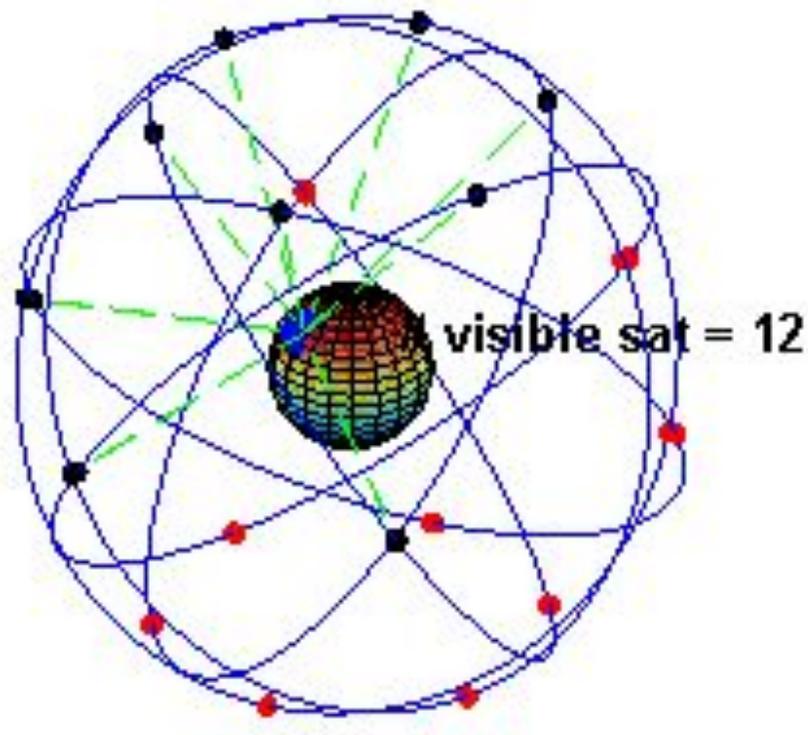


GPS/ГЛОНАС



Кибердром 2022

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



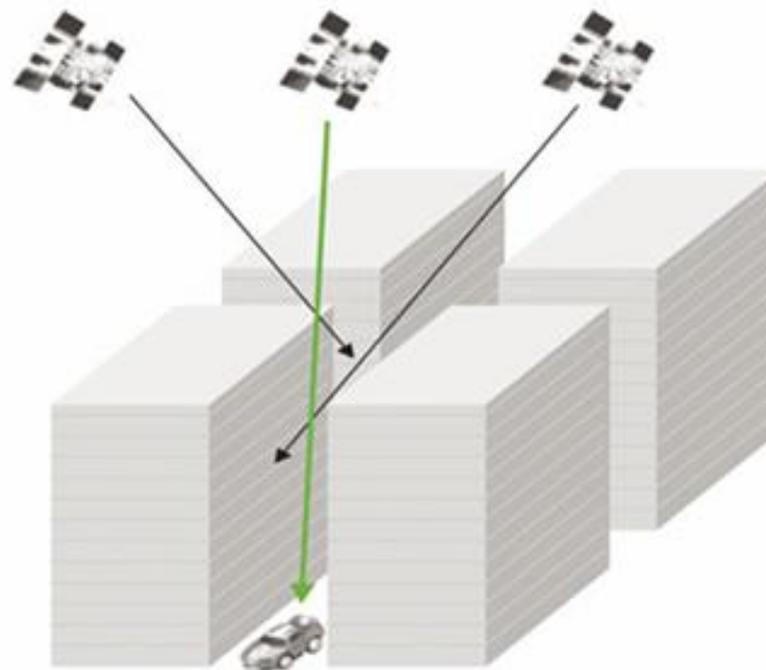
GPS/ГЛОНАСС

Точность



Точность в горизонтальной плоскости составляет примерно 1–3 м.

Точность определения высоты над уровнем моря обычно в 2–5 раз ниже.





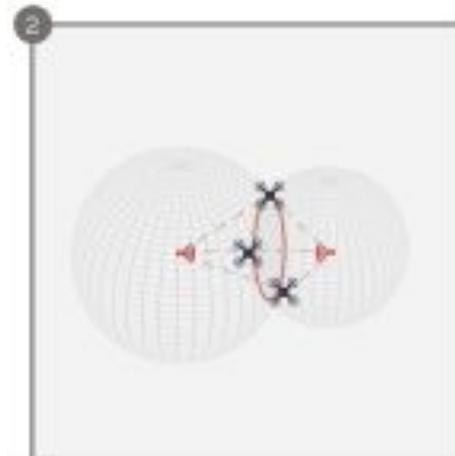
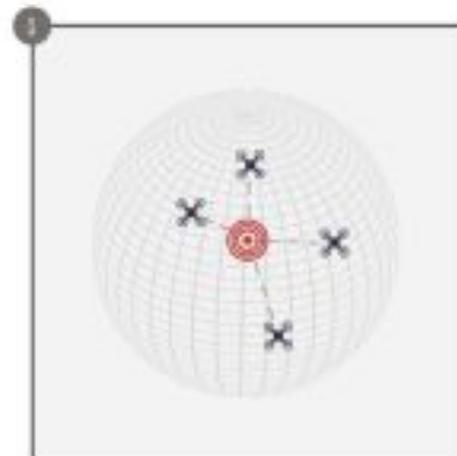
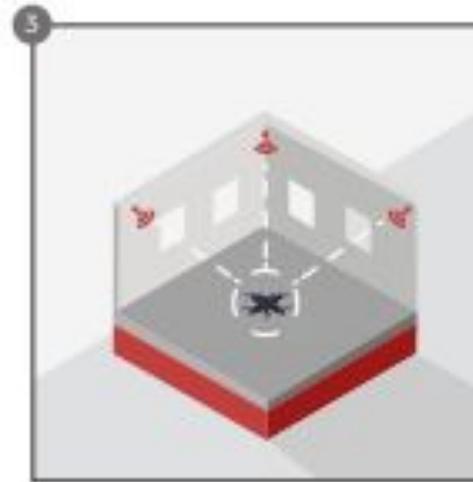
LED индикация	Состояние	Что делать
Горят красный и зеленый	Неверные параметры	Переключить параметры на работу с GPS
Горит красный	Поиск спутников	Ждать 1–3 минуты, перезагрузить
Горит зеленый	Спутники найдены	Можно летать

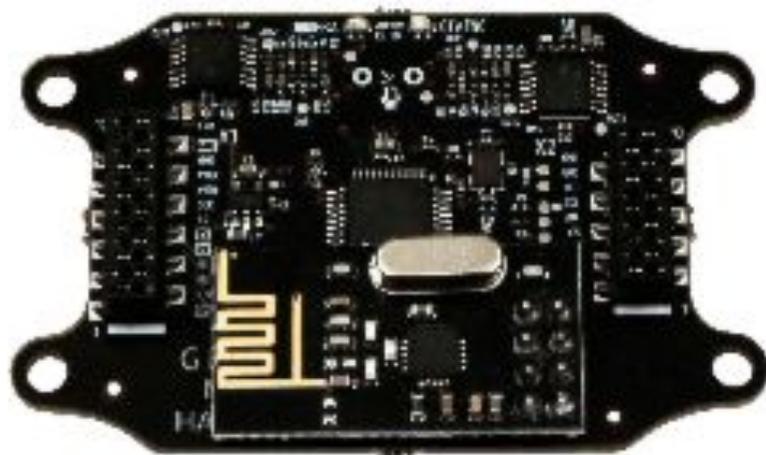
Достоинства:

- Использование в любой точке мира (за исключением приполярных областей)
- Достаточная точность для полёта на улице
- Простота установки и настройки
- Не требует дополнительных устройств для работы

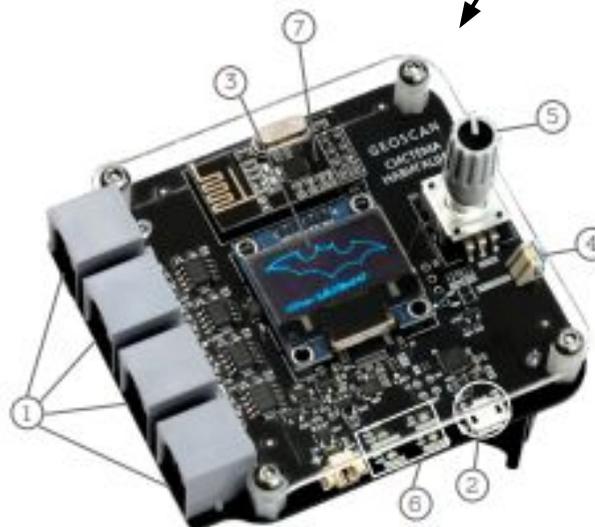
Недостатки:

- Точность зависит от погодных условий и видимости небосвода
- Не работает/плохо работает в помещениях и вблизи высоких зданий/массивных металлических конструкций
- Точность на уровне 1–3 метра недостаточно для высокоточных заданий, таких как захват груза.





Бортовой модуль
Излучатель
Модуль управления



LPS УЗ

Точность



Кибердром 2022

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

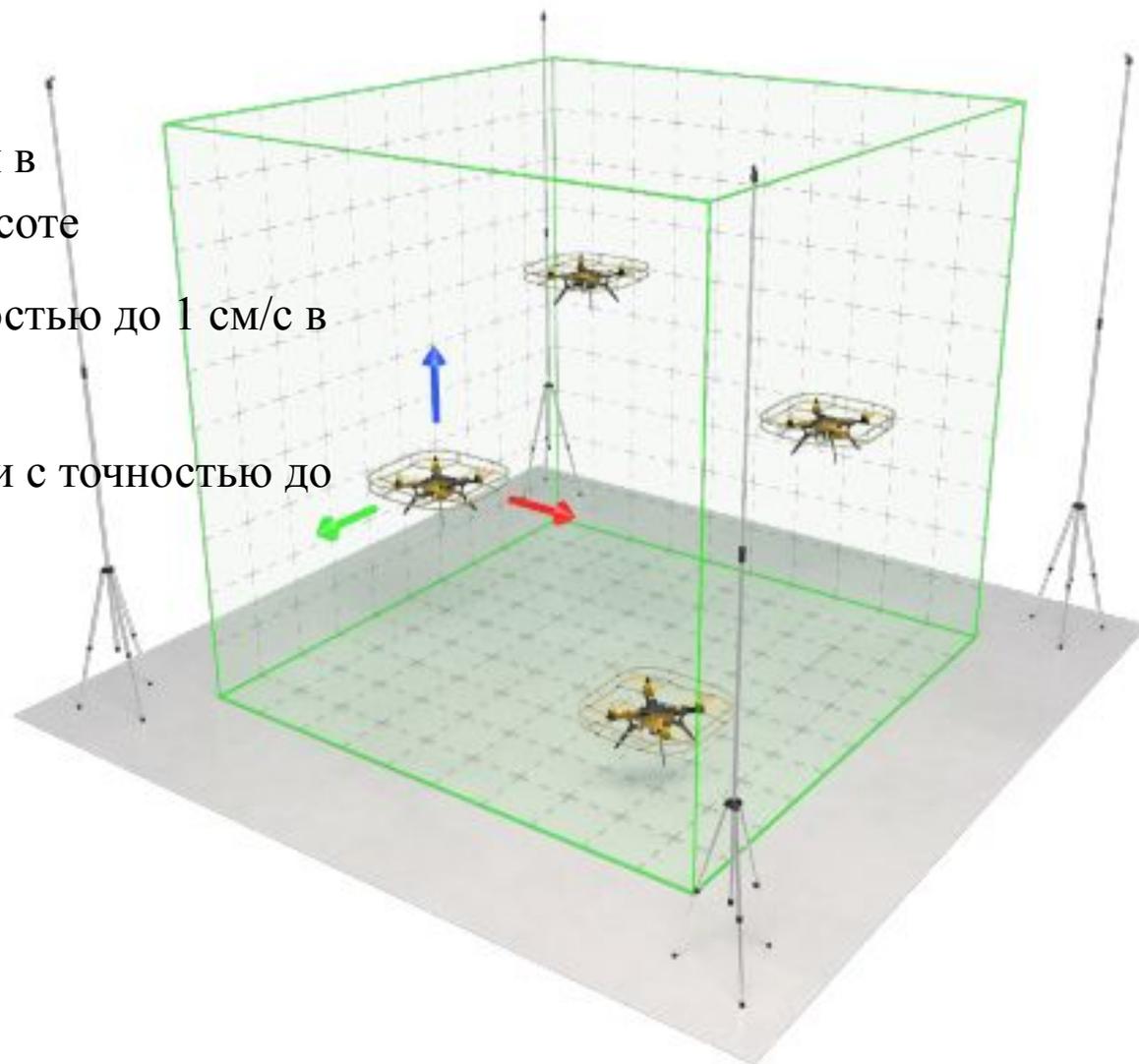
Максимальный охват площади составляет 10x10x4 м

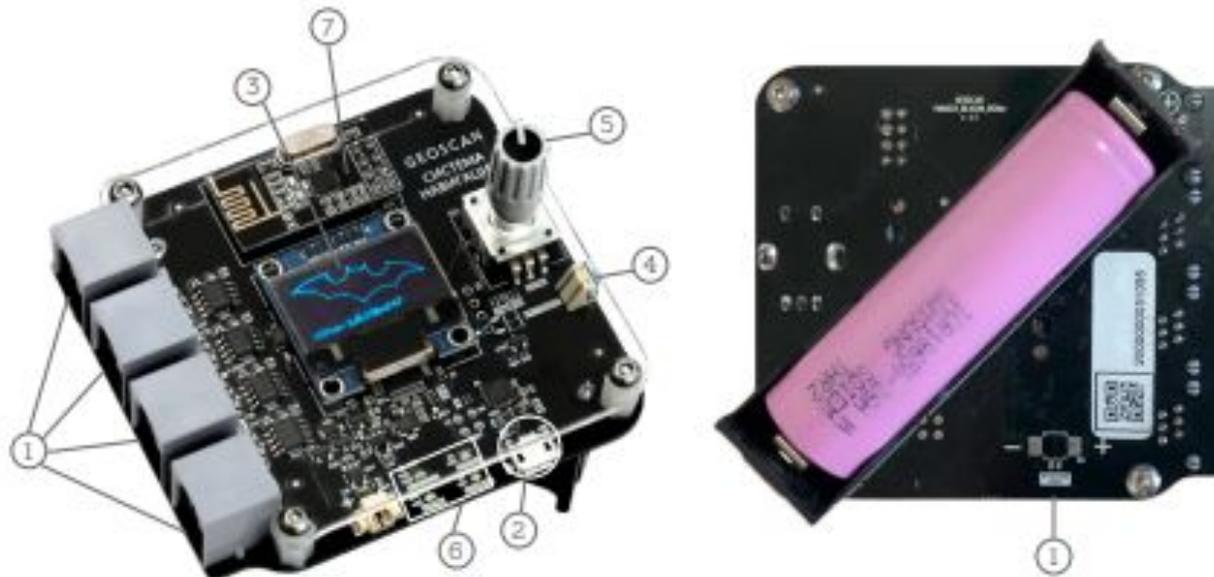
Частота обновления данных до 100 Гц

Координаты по 3 осям с точностью ± 2 см в горизонтальной плоскости и ± 5 см по высоте

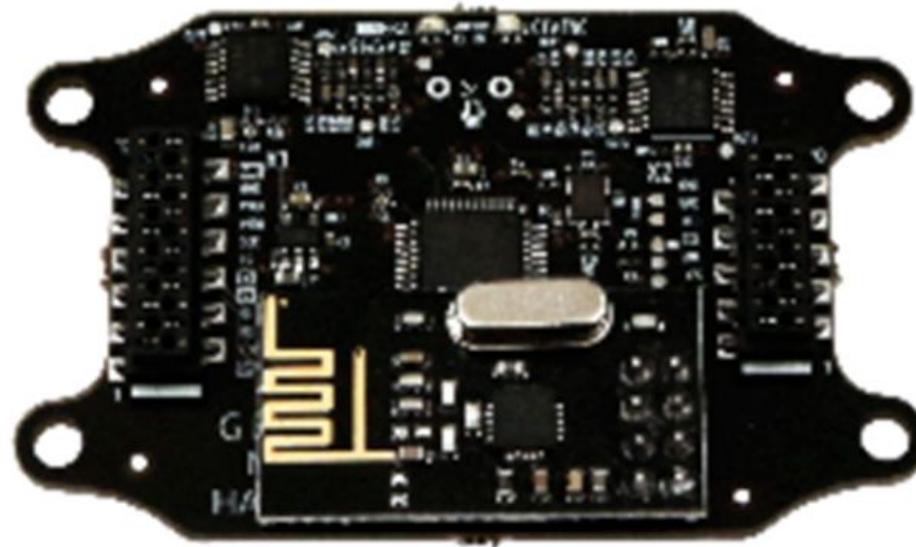
Скорость перемещения по 3 осям с точностью до 1 см/с в любом направлении

Направление в горизонтальной плоскости с точностью до 15 градусов





Светодиодные индикаторы	Цвет	Статус	Описание
«Ошибка»	Красный	Постоянный	Запуск команды
		Мигающий	Режим загрузчика
«Статус»	Зеленый	Постоянный	Работа в штатном режиме
		Мигающий	Низкий заряд АКБ
«Питание»	Белый	Постоянный	Потребление питания
«Заряд»	Синий	Постоянный	Зарядка АКБ через USB или источник питания



Светодиодные индикаторы	Цвет	Статус	Описание
«Ошибка»	Красный	Постоянный	Модуль «видит» менее 3-х излучателей. Полёт невозможен
		Мигающий	Модуль «видит» все излучатели, но не может рассчитать своё местоположение. Полёт невозможен
«Статус»	Зеленый	Постоянный	Работа в штатном режиме. («видит» все излучатели)
		Мигающий	Модуль «видит» 3 излучателя. Полёт возможен.

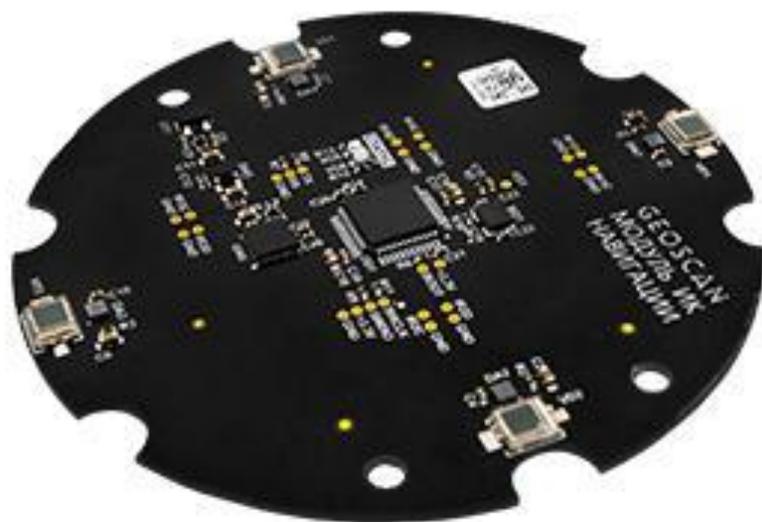
Достоинства:

- Высокая точность
- Возможность позиционирования в помещении
- Большая зона работы

Недостатки:

- Сложность установки (необходима высокая точность)
- Ненадежность работы при наличии отраженных сигналов или блокировании излучения посторонними предметами

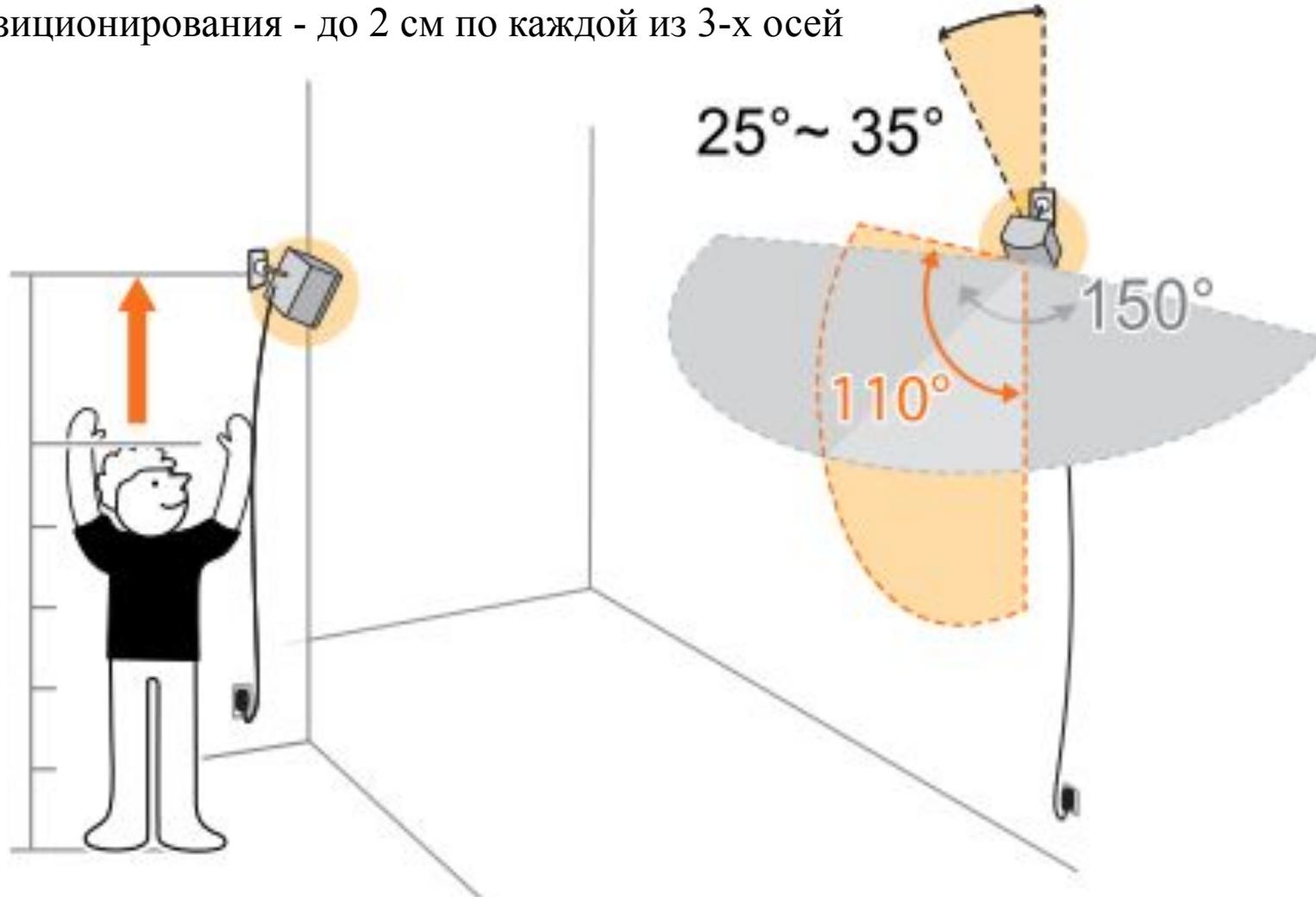




LPS ИК Точность



Точность позиционирования - до 2 см по каждой из 3-х осей





Светодиодные индикаторы	Цвет	Статус	Описание
Статус	Красный	Мигающий	Произошла ошибка
	Синий	Постоянный	Базовая станция в режиме стабилизации
		Мигающий	Базовая станция готова к работе
Белый (или зеленый)	Постоянный		

Светодиодные индикаторы	Цвет	Статус	Описание
Статус	Красный	Постоянный	Произошла ошибка. Полёт невозможен
		Мигающий быстро	Станция обнаружена, но процесс инициализации не запущен
		Мигающий медленно	Станция обнаружена, идёт калибровка
	Зеленый	Постоянный	Связь установлена, полёт разрешен



Достоинства:

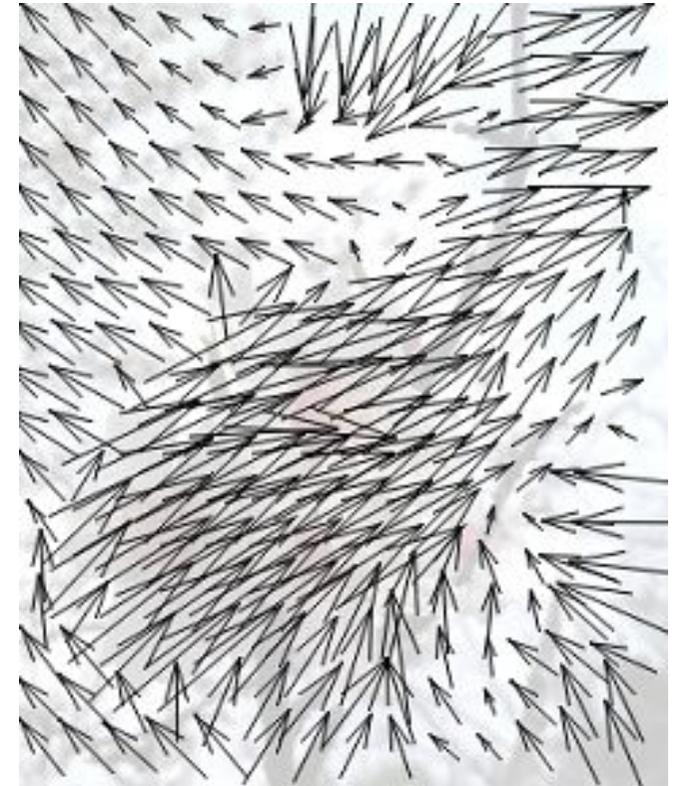
- Простота установки
- Высокая точность
- Надежность

Недостатки:

- Малая полётная зона по сравнению с LPS УЗ (до 3x4 м)
- Отсчёт координат от базовой станции (высота отрицательна)

Оптический поток (Optical flow) – технология, использующаяся в различных областях компьютерного зрения для определения сдвигов, сегментации, выделения объектов, компрессии видео. По сути, оптический поток представляет собой поле скоростей (т. к. сдвиг с точностью до масштаба эквивалентен мгновенной скорости). Суть ОП в том, что для каждой точки изображения $I_1(x, y)$ находится такой сдвиг (dx, dy) , чтобы исходной точке соответствовала точка на втором изображении $I_2(x + dx, y + dy)$.

Для определения расстояний оптический поток (набор векторов скоростей) работает в паре с дальномером и на выходе получается набор расстояний перемещений каждой точки.

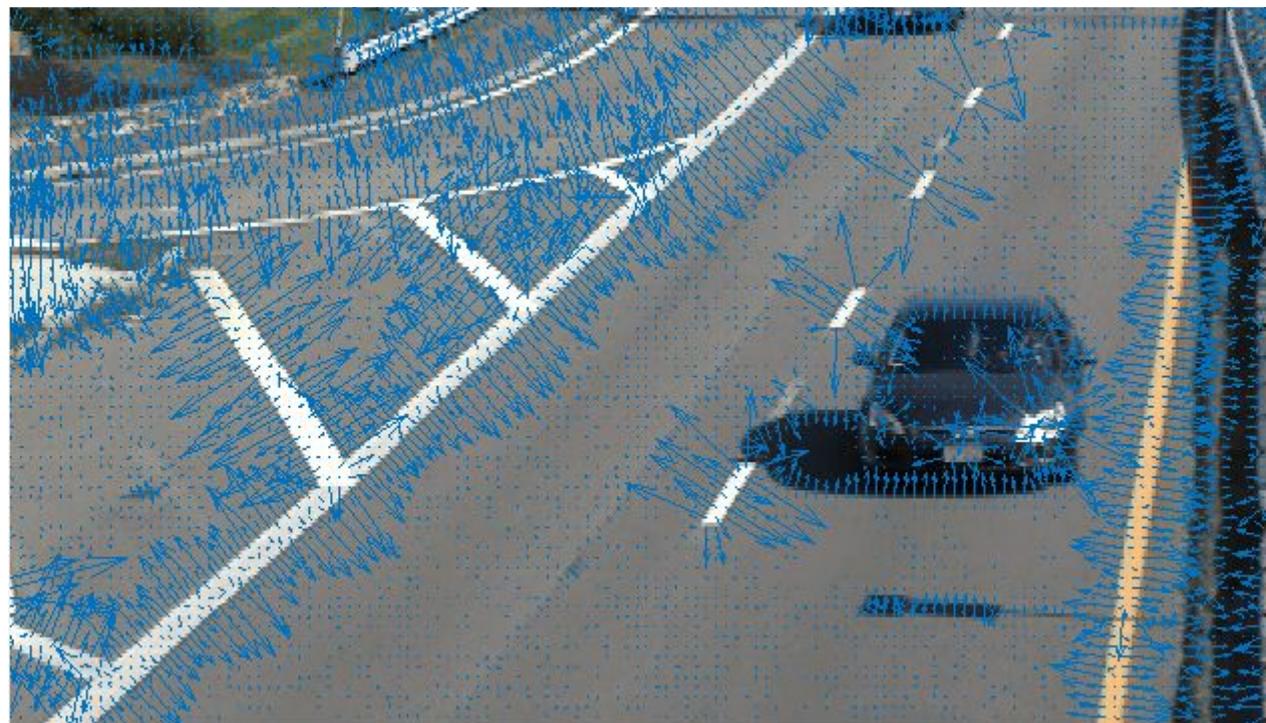


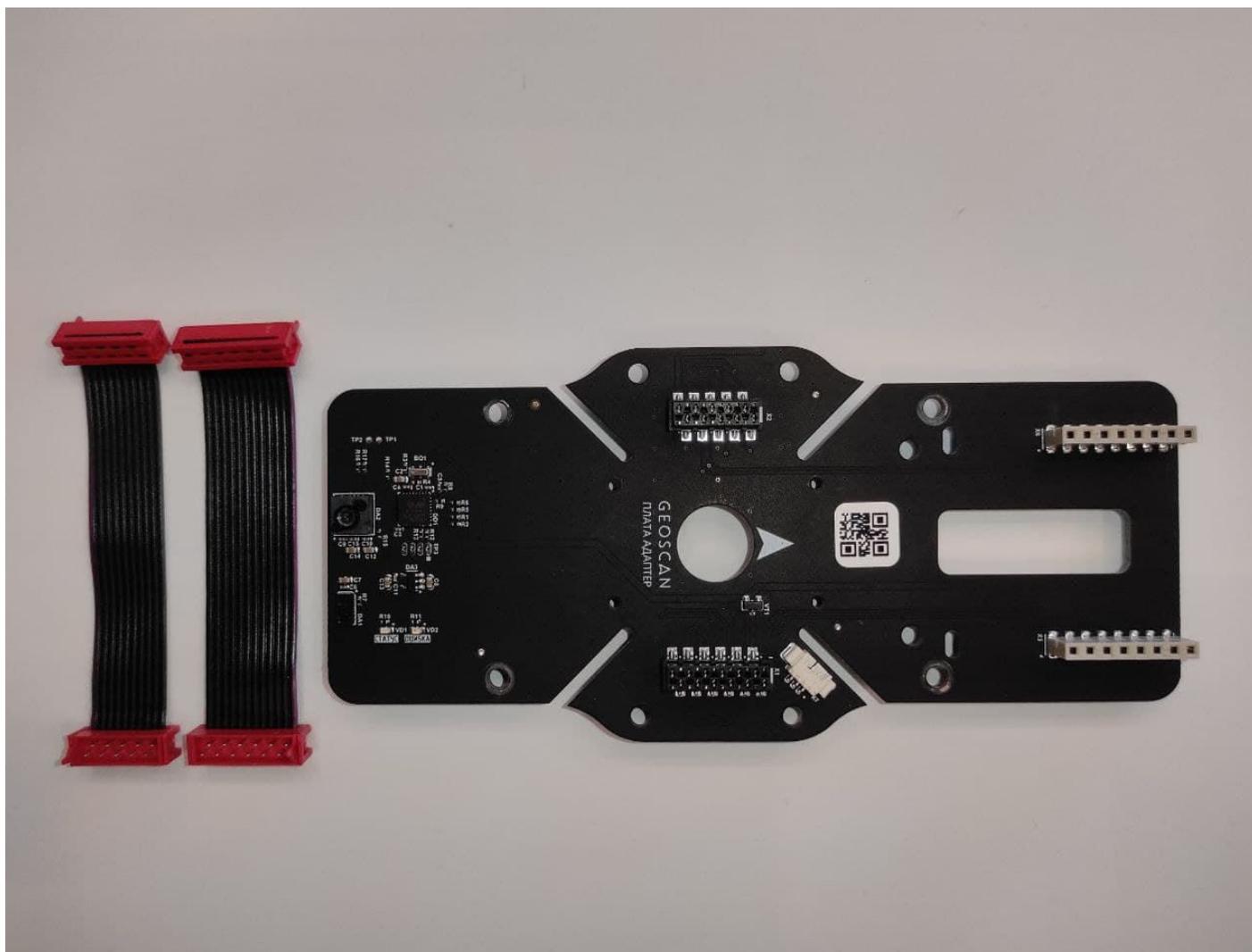
ОРТ

Точность



- Точность работы оптического потока очень сильно зависит от множества условий: освещенность, правильность выбора функции, подходящая поверхность (на монотонной поверхности составление оптического потока сложно или вообще невозможно), разрешение матрицы камеры, мощность процессора и т. д.
- На практике – при хороших условиях освещенности и поверхности, на которой много выделяющихся точек, точность сравнима с LPS. Чем хуже эти условия, тем меньше точность и велика вероятность ошибки.





На модуле установлены зелёный светодиод «статус» и красный «ошибка». Зелёный светодиод, с помощью частоты мигания отображает дальность до объекта под ним.

Красный загорается в случае ошибки работы.

Достоинства:

- Работа непосредственно на квадрокоптере независимо от внешних источников
- Простота установки
- Не требует настройки
- Высокая точность при хороших условиях
- Работает всегда, при наличии условий (освещенность, «правильная» поверхность и т. д.)

Недостатки:

- Зависимость от внешних условий (освещенность, «правильная» поверхность и т. д.)
- Большие ошибки при больших скоростях и больших углах наклона квадрокоптера.
- Накопление ошибки



- Ознакомились с принципом работы основных систем позиционирования квадрокоптера
- Узнали достоинства и недостатки каждой из систем



1. Как определяется местоположение по GPS?
2. В чём основное отличие системы ИК от УЗ и GPS?
3. При каких условиях работает оптический поток?
4. От чего отсчитываются координаты в ИК?

Домашнее задание

обязательно



- Изучить методические указания, для лучшего понимания
- Узнать что такое GPS RTK и как оно работает (сдавать ничего не нужно)



1. Страница сайта с продуктом Геоскан Пионер [электронный ресурс]
<https://www.geoscan.aero/ru/products/pioneer/copter> Содержание: На странице содержатся ссылки на системы позиционирования, документацию, инструкции.
2. Сайт документации Геоскан Пионер [электронный ресурс]
<https://docs.geoscan.aero/ru/master/index.html>



Божко Петр
Программист отдела образовательных
проектов ГК "Геоскан"

Telegram - канал