

Применение популярных протоколов и свободного ПО в управлении мобильным роботом

Андрей Дунец,

dunets@gmail.com

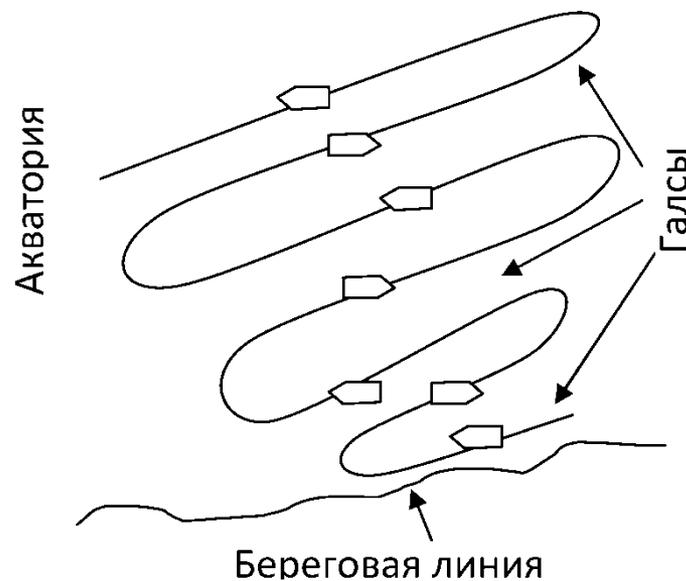
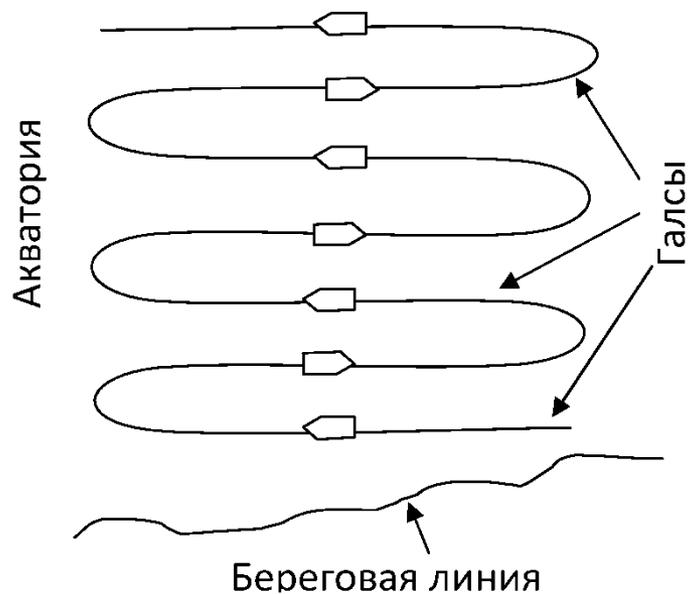
<http://robotics.bstu.by>

Брест, Belarus

Задачи рационального природопользования для рек и озер

- Построение профиля водоема для корректировки фарватера и прогнозирования паводков
- Оперативный контроль уровня воды в паводкоопасные периоды
- Экологический мониторинг состояния водоемов

Траектории промеров



Промерные галсы: прямые и круговые

Применить робота

- Снизить трудоемкость
- Ускорить процесс
- Снизить затраты
- Роботов может быть несколько

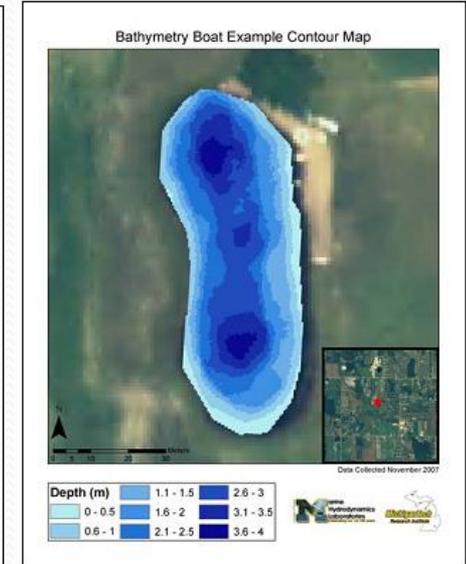
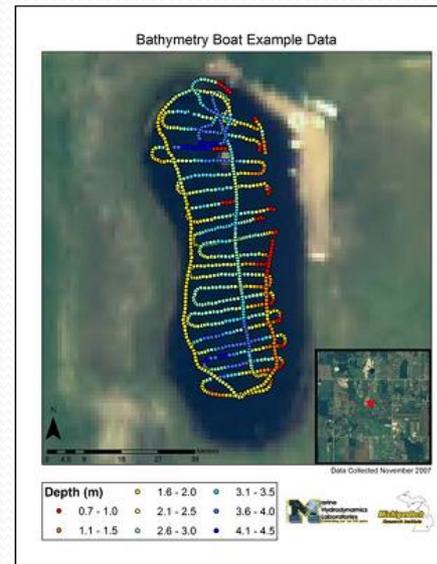
Задачи рационального природопользования для рек и озер

- Проект двух факультетов:
 - Инженерных систем и экологии
 - Электронно-информационных систем

Требования к роботу

- Время автономной работы - **3 часа**
- Скорость движения - **4-6 км/ч**
- Полезная нагрузка - **3-4 кг**
- Точность определения координат точек измерения - **1 метр**
- Шаг точек на траектории - **1 метр**
- Точность определения глубины - **0.2 метра**

Аналог: Робот BathyBoat



BathyBoat

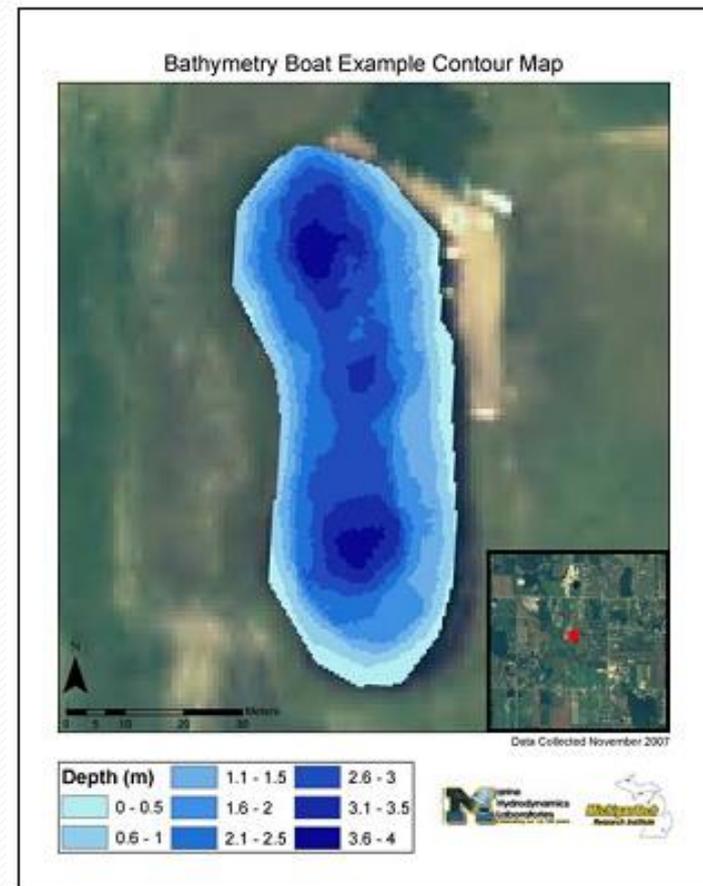
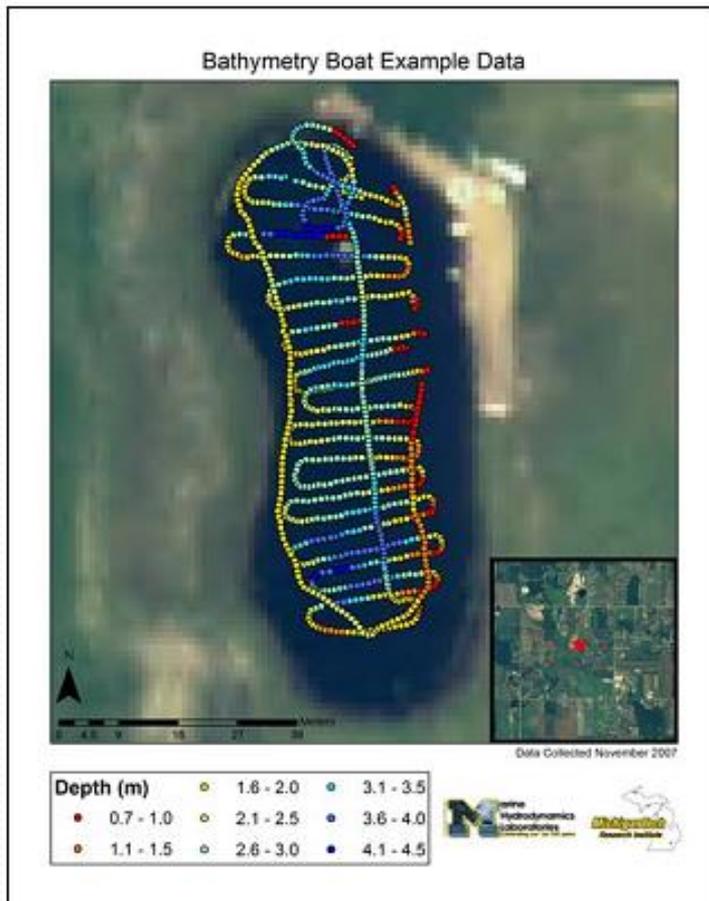
Лаборатория гидродинамики Мичиганского
университета (США)
Мичиганский технологический институт(США)

Карта глубин

Аналог: Робот BathyBoat

- Размер – около 1 метра
- Вес – около 10 килограмм
- Датчики:
 - GPS
 - Соленость
 - Температура
 - Эхолот
- Масштабный проект обследования озер Аляски

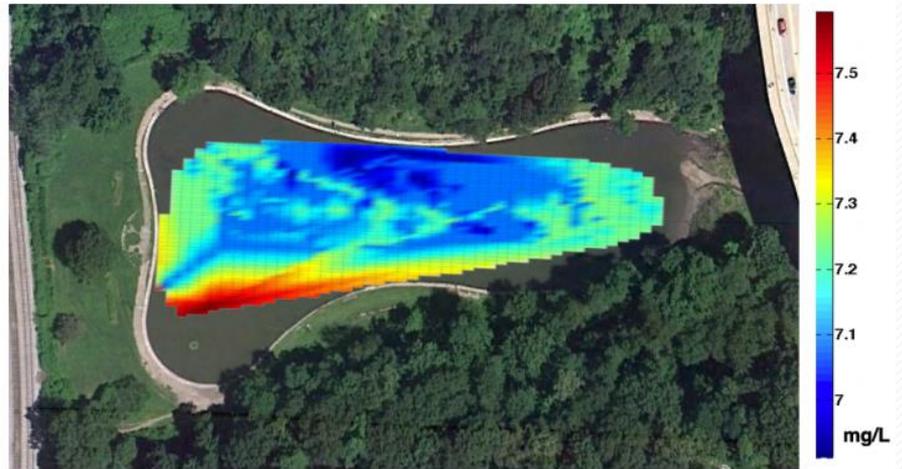
Аналог: Робот BathyBoat



Аналог: Робот Lutra

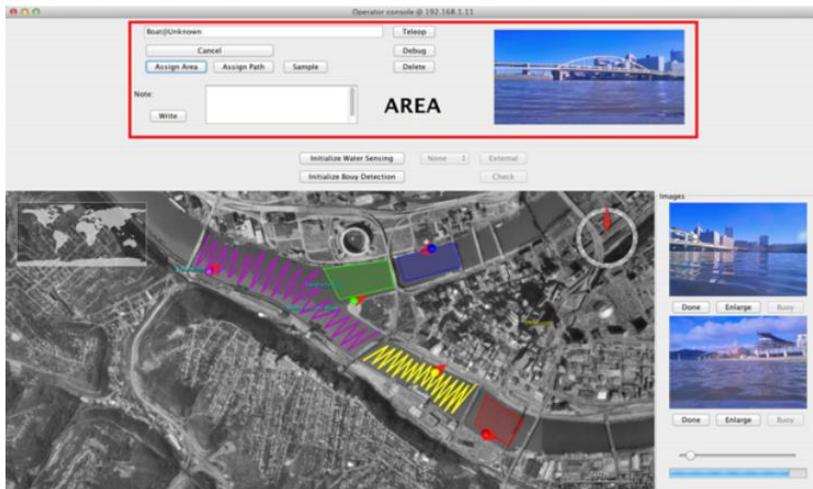


Lutra 1.0 Series Autonomous Airboat
Университет Карнеги-Меллон (США)
Platypus, LLC (США)

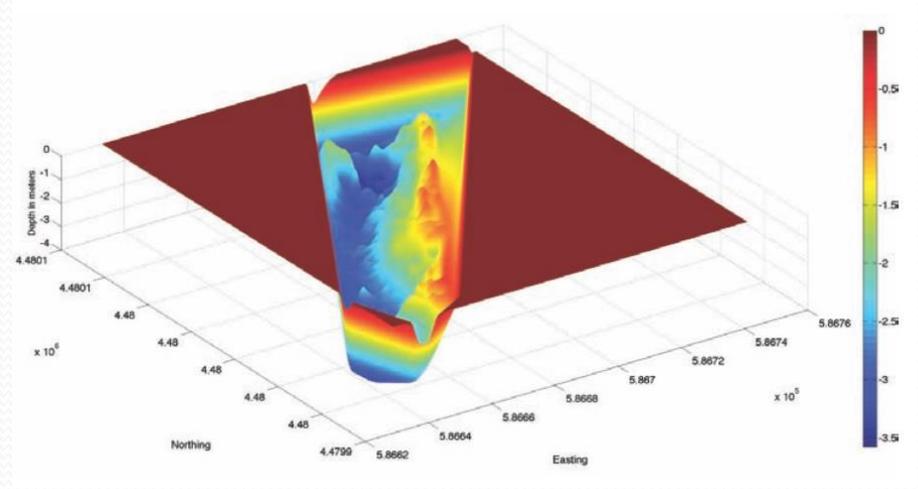


Карта концентрации кислорода
в озерной воде

Аналог: Робот Lutra

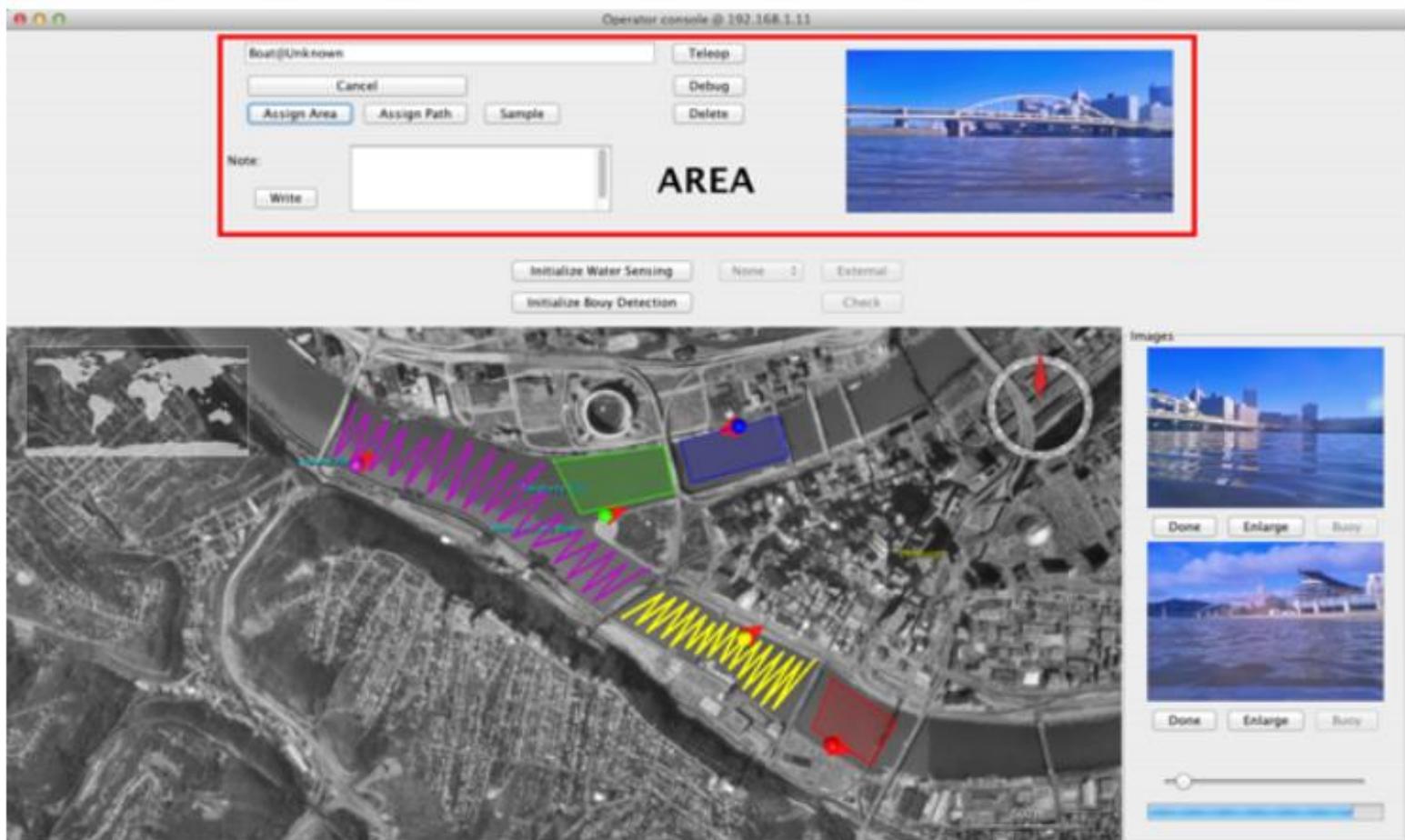


Интерфейс оператора



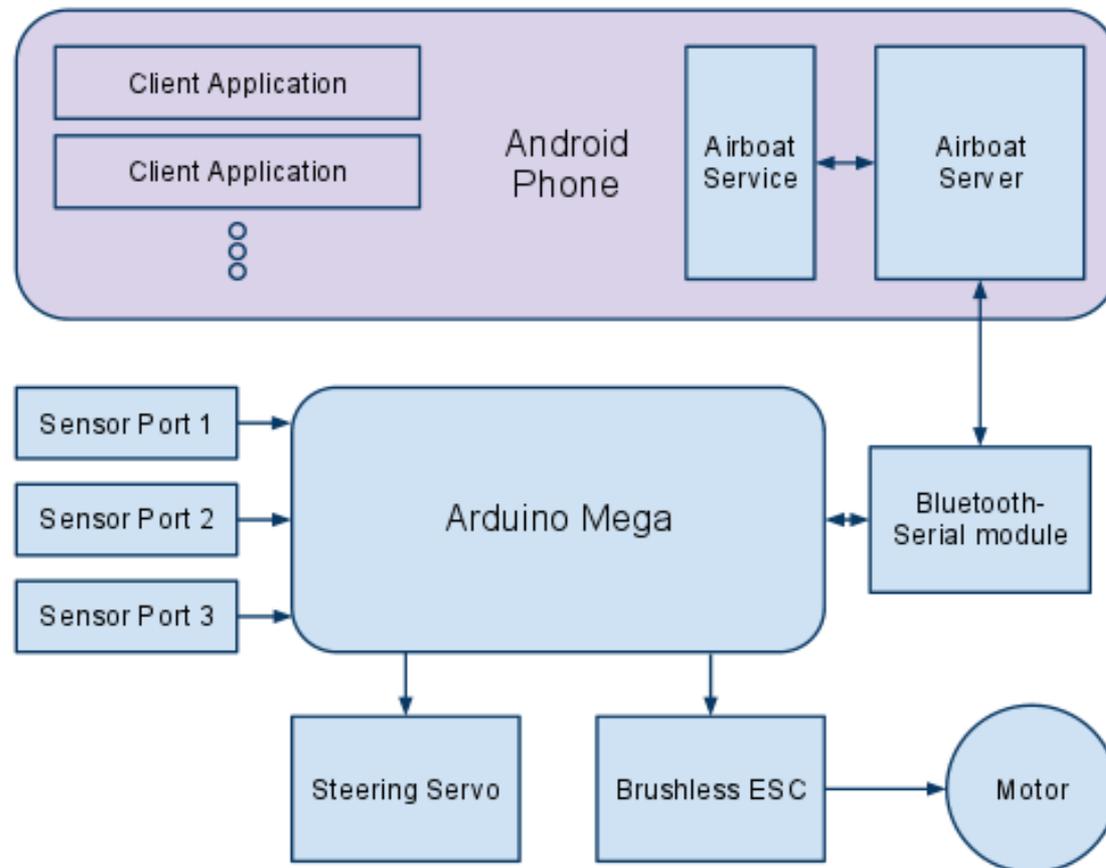
Фрагмент профиля дна водоема

Аналог: Робот Lutra



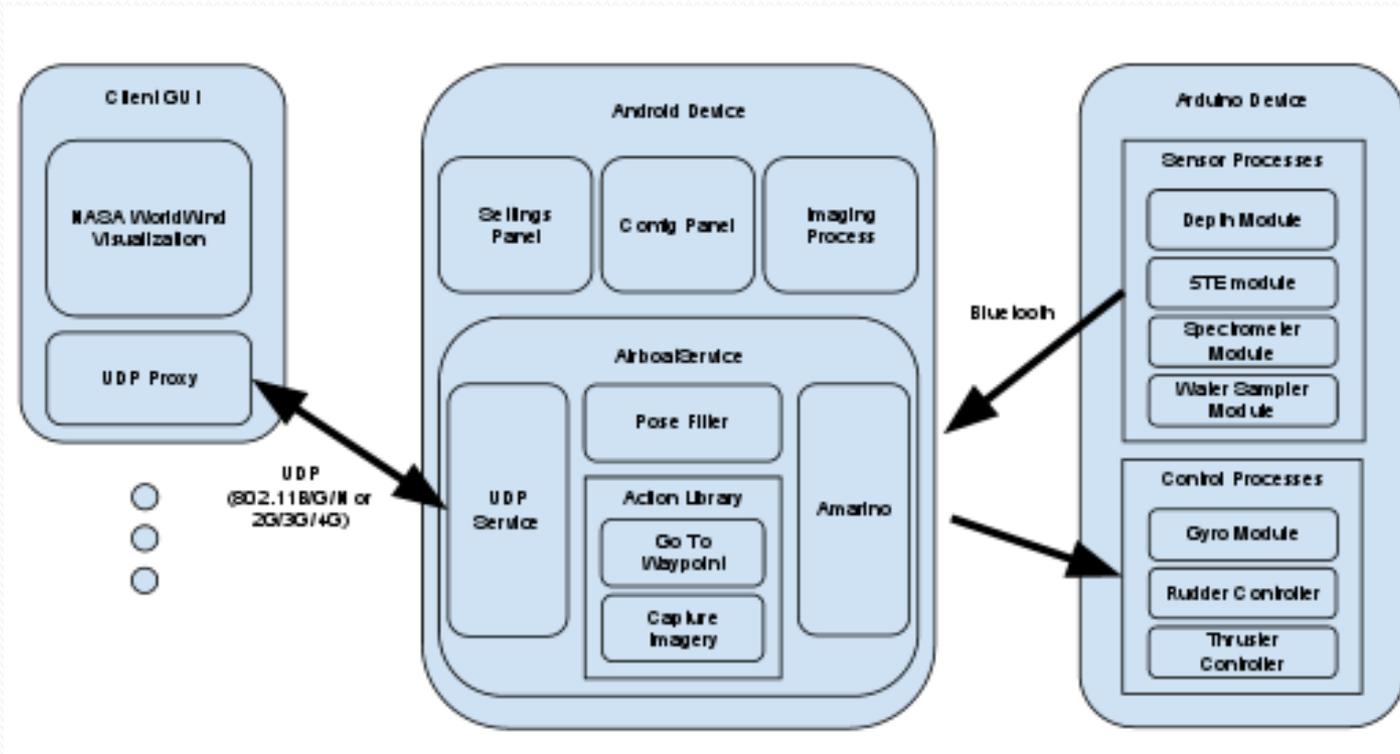
(c) Platypus, LLC (CIIA)

Аналог: Робот Lutra



(c) Platypus, LLC (CIHA)

Аналог: Робот Lutra



(c) Platypus, LLC (CIHA)

Аналог: Робот Lutra

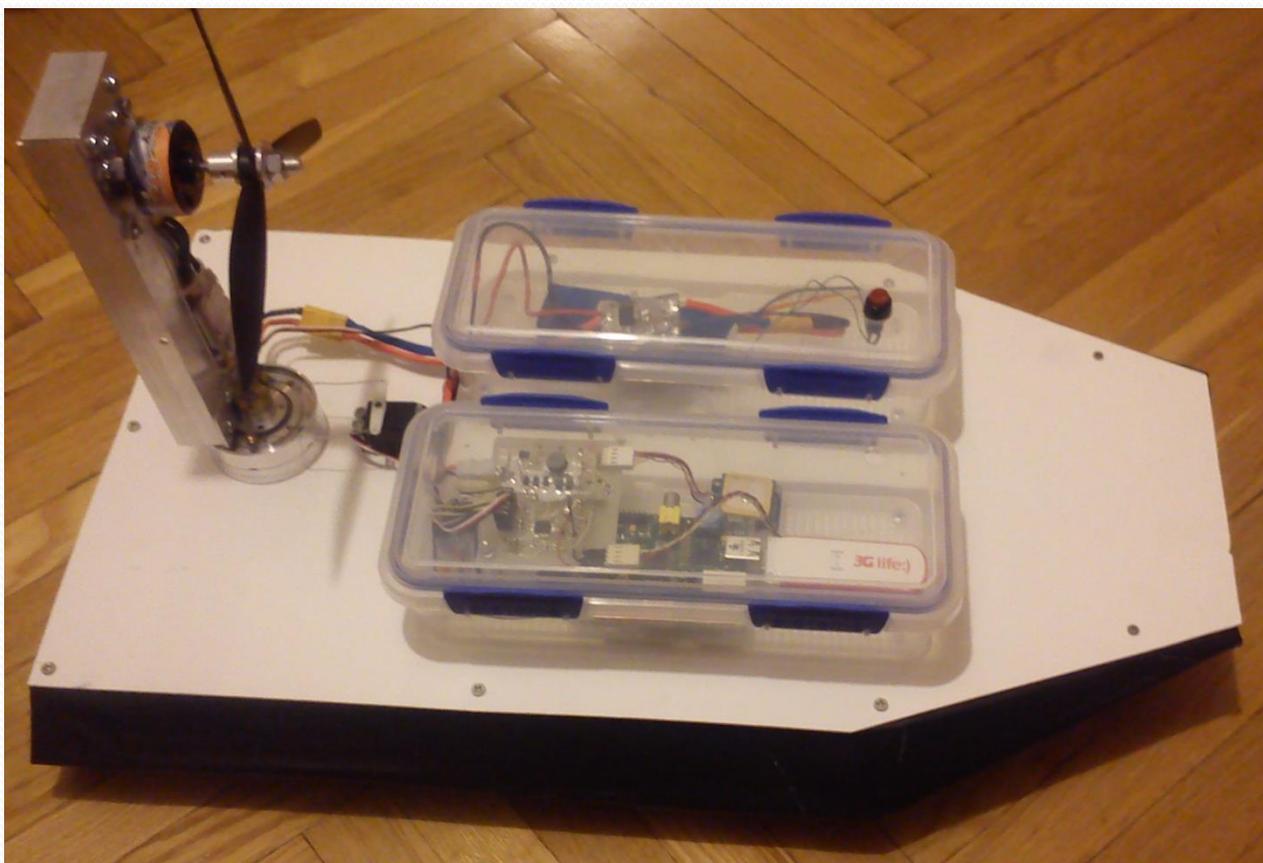
- Разделение функций: Arduino и смартфон на Android
- Смартфон на Android:
 - Видеокамера, Bluetooth, WiFi, 3G, GPS, процессор, память...
- Bluetooth для связи с подсистемой периферии
- UDP как транспорт верхнего уровня

Наш проект

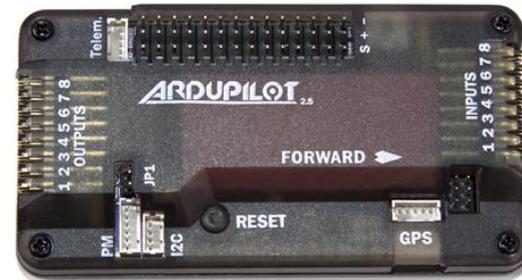
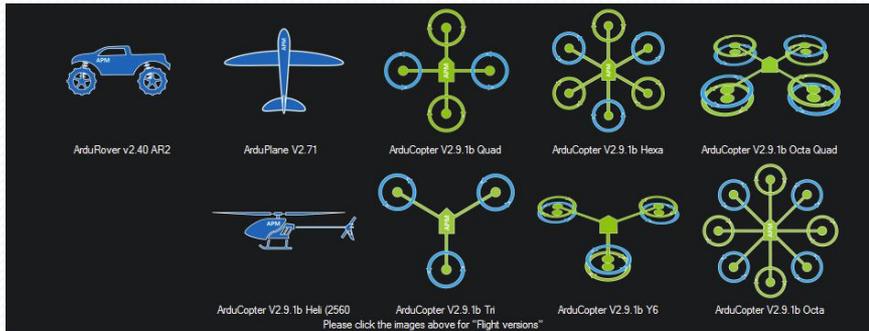
Ключевые элементы:

- Плавсредство – прототипирование
- Компьютер автопилота – Raspberry Pi
- Позиционирование – GPS в режиме RTK
- Телеметрия и канал управления – TCP/IP
поверх 3G / WiFi

Прототип



ArduPilot



WP	Radius	Loiter	Radius	Default	Alt							
2	5	100										
1	WAYPOINT	0	0	0	0	40.1312555	-105.1109326	100	X			
2	WAYPOINT	0	0	0	0	40.1314442	-105.1090014	100	X			
3	WAYPOINT	0	0	0	0	40.1309684	-105.1076925	100	X			
4	WAYPOINT	0	0	0	0	40.1257133	-105.1081109	100	X			
5	WAYPOINT	0	0	0	0	40.1294180	-105.1104605	100	X			

- GNU GPL
- Алгоритмы
- Электроника

ArduPilot



ArduRover v2.40 AR2



ArduPlane V2.71



ArduCopter V2.9.1b Quad



ArduCopter V2.9.1b Hexa



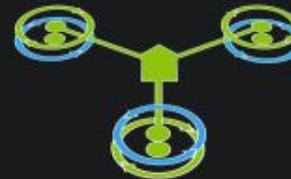
ArduCopter V2.9.1b Octa Quad



ArduCopter V2.9.1b Heli (2560)



ArduCopter V2.9.1b Tri



ArduCopter V2.9.1b Y6



ArduCopter V2.9.1b Octa

Please click the images above for "Flight versions"

ArduPilot

Distance: 0.8993 km
Prev: 257.36 m
Home: 391.27 m

COM50 115200 Connect

Zoom

Action >>

Mouse Location
Lat 40.12887660
Long -105.1075208
Alt 1525

GoogleSatellite
Status: loaded tiles
Read WPs
Write WPs
Home Location
Lat 40.13040239
Long -105.1116621
Alt (abs) 20

Waypoints

WP Radius 2 Loiter Radius 5 Default Alt 100 Hold default Alt Verify Height [Add Below](#)

	Command	Delay	Hit Red	Yaw Ang	Lat	Long	Alt	Delete	Up	Down
1	WAYPOINT	0	0	0	40.1312555	-105.1109326	100	X	⬆️	⬇️
2	WAYPOINT	0	0	0	40.1314442	-105.1090014	100	X	⬆️	⬇️
3	WAYPOINT	0	0	0	40.1309684	-105.1076925	100	X	⬆️	⬇️
▶ 4	WAYPOINT	0	0	0	40.1297133	-105.1081109	100	X	⬆️	⬇️
5	WAYPOINT	0	0	0	40.1294180	-105.1104605	100	X	⬆️	⬇️

ArduPilot

- Открытые исходники автопилота и базовой станции (лицензия GNU GPL);
- Arduino (Atmel Atmega), но 32-ух разрядные версии закрыты;
- Активное сообщество пользователей DIY Drones (<http://diydrones.com>);
- Используется открытый протокол MAVLink (Micro Air Vehicle Communication Protocol) (<http://qgroundcontrol.org/mavlink/start>);
- Реализовано управление бесплотниками с разной кинематикой;
- В алгоритмах доступно множество полезных решений для создания собственного автопилота.

ArduPilot

- Недостаточно точности в позиционировании;
 - Трудоемко ставить эксперименты;
 - Мультиплексирование потоков данных;
 - Планирование траектории.
-
- **MAVLink (Micro Air Vehicle Communication Protocol);**
 - **ПО базовой станции.**

Планирование траектории

TrajectoryPlanner

File Settings

Map Satellite

200 m

23.74963045Lon 52.08128624Lat

Edit

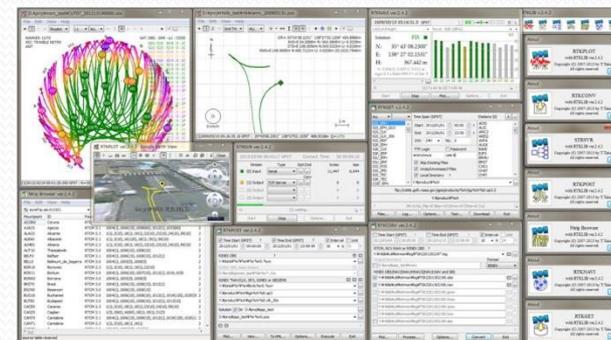
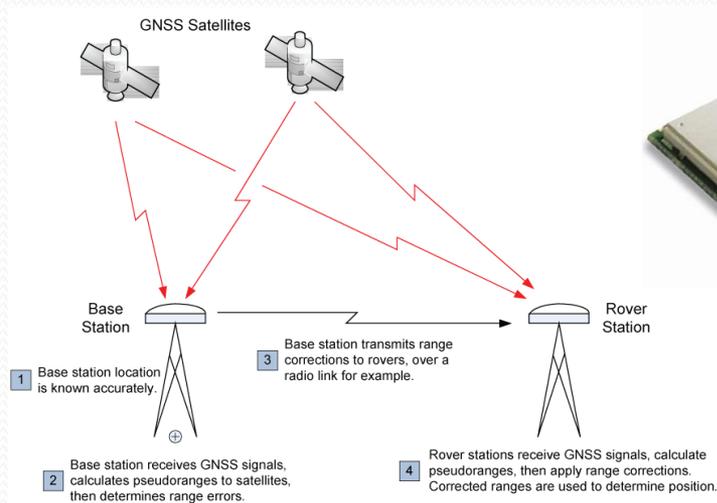
Barrier polygon Path

Disabled Closed path

1	<input type="checkbox"/>	Lon	23.73802185	Lat	52.08362022	<input type="button" value="Save"/>	<input type="button" value="Delete"/>
2	<input type="checkbox"/>	Lon	23.73836517	Lat	52.08245984	<input type="button" value="Save"/>	<input type="button" value="Delete"/>
3	<input type="checkbox"/>	Lon	23.770895	Lat	52.08536073	<input type="button" value="Save"/>	<input type="button" value="Delete"/>
4	<input type="checkbox"/>	Lon	23.77055168	Lat	52.08662652	<input type="button" value="Save"/>	<input type="button" value="Delete"/>
5	<input type="checkbox"/>	Lon	23.73802185	Lat	52.08362022	<input type="button" value="Save"/>	<input type="button" value="Delete"/>



Позиционирование: алгоритм Real Time Kinematic

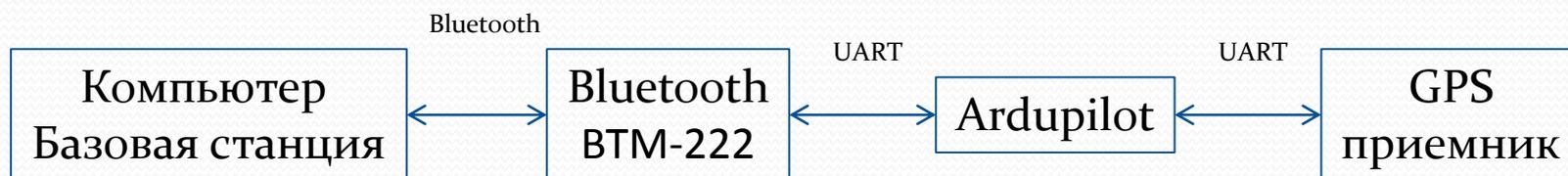


- RTKLib – библиотека свободно распространяемых алгоритмов GNSS
- Данные в формате RINEX в приемниках U-Blox
- Открытые данные проекта EUREF

Позиционирование: особенности

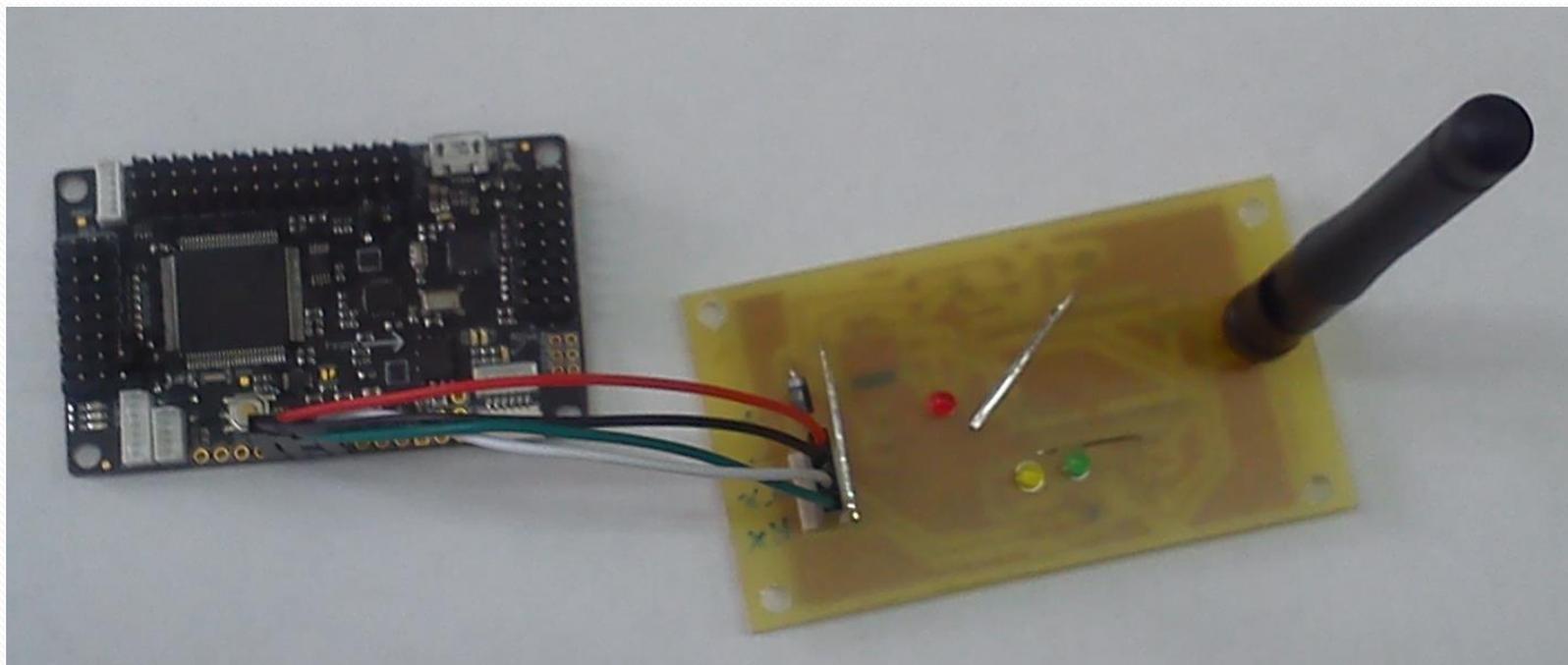
- Проприетарные решения очень дороги
- RTKLib – библиотека свободно распространяемых алгоритмов GNSS
- Данные в формате RINEX в приемниках U-Blox
- Хаки с сайта проекта OpenStreetMap позволяют использовать недорогие приемники U-Blox
- Открытые данные проекта EUREF

Позиционирование: эксперимент

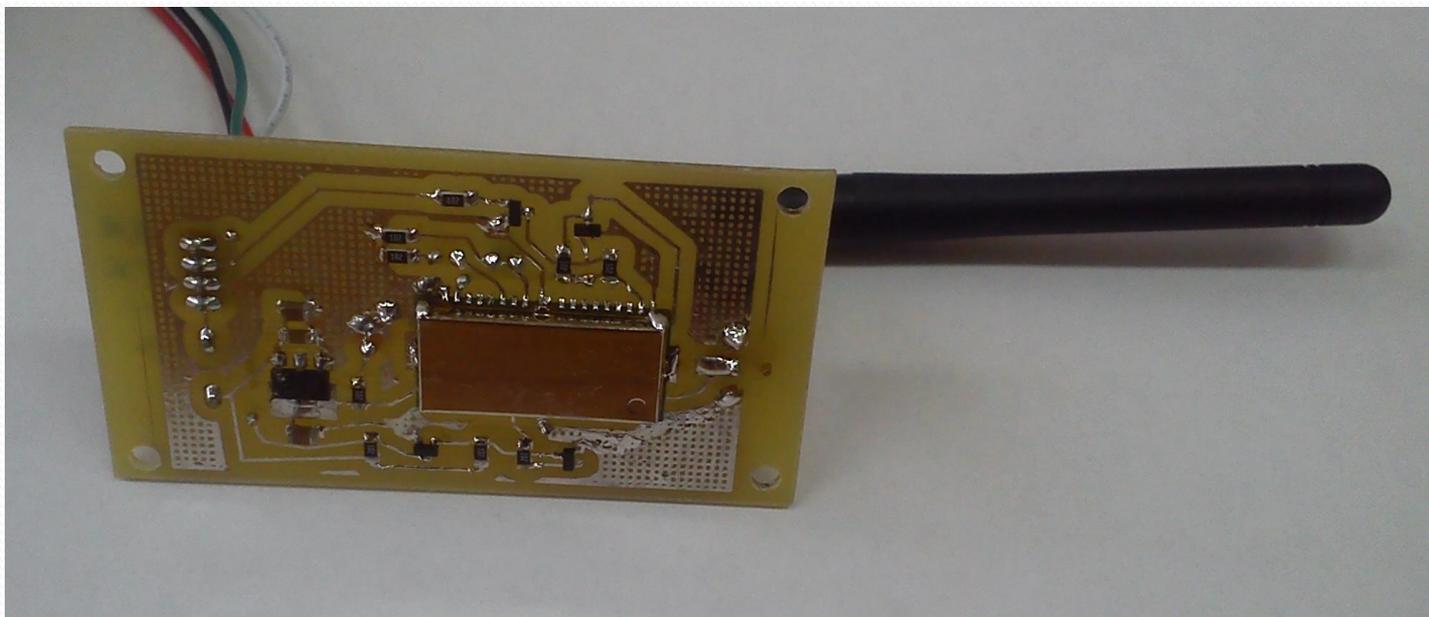


- Робот управлялся человеком;
- Профиль SPP (Serial Port Profile);
- Bluetooth Class 1;
- Практическая полученная дальность составила 30 метров;
- Антенна WiFi;
- Потеря связи при отдалении.

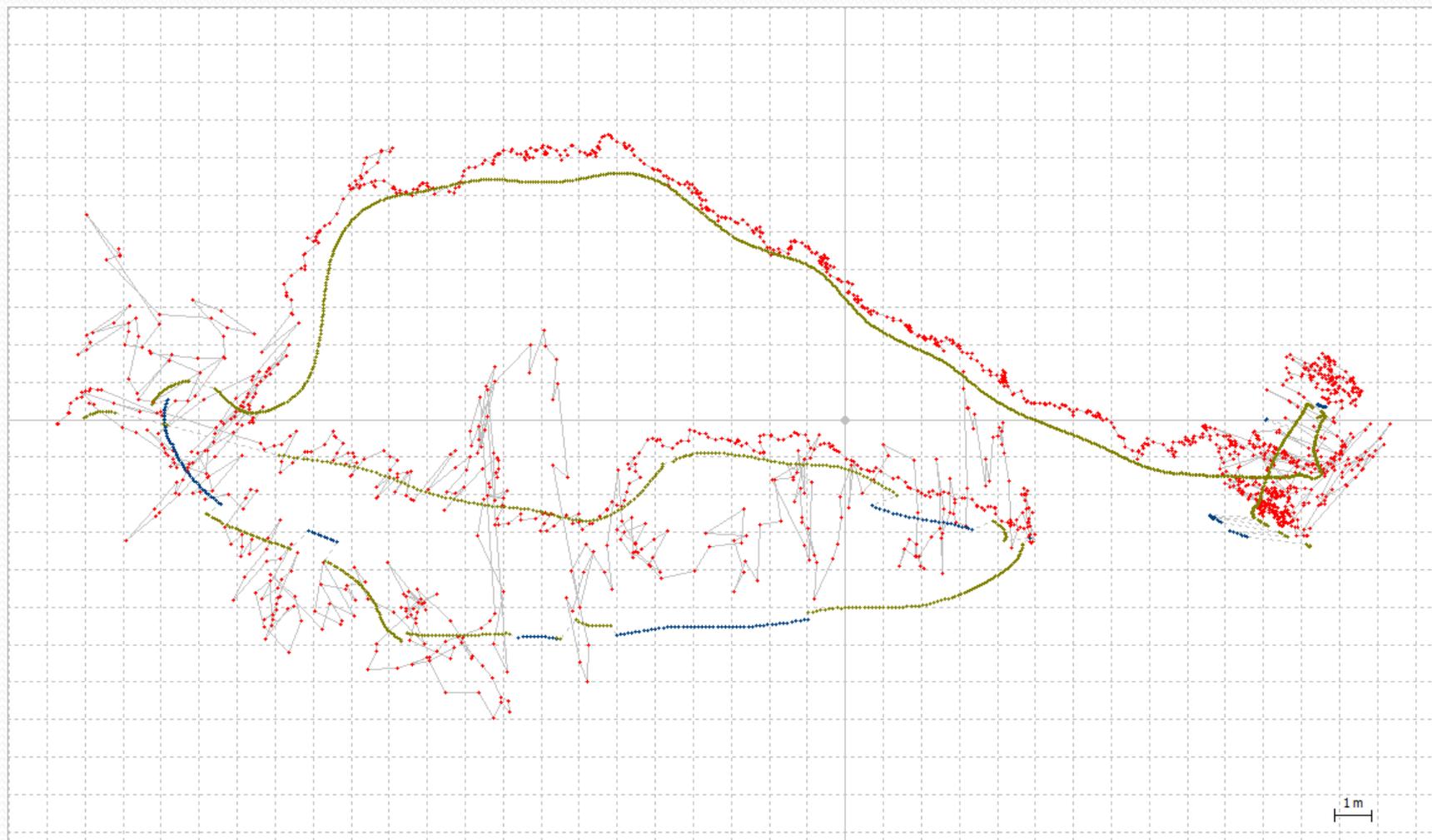
Позиционирование: адаптер



Позиционирование: адаптер



Позиционирование: результаты



Автопилот на Raspberry Pi

- Полноценный Linux
- Производительность : 32 бита, 700 МГц
- Активное сообщество
- Малые габариты
- Стоимость
- Низкое энергопотребление
- Простота расширения

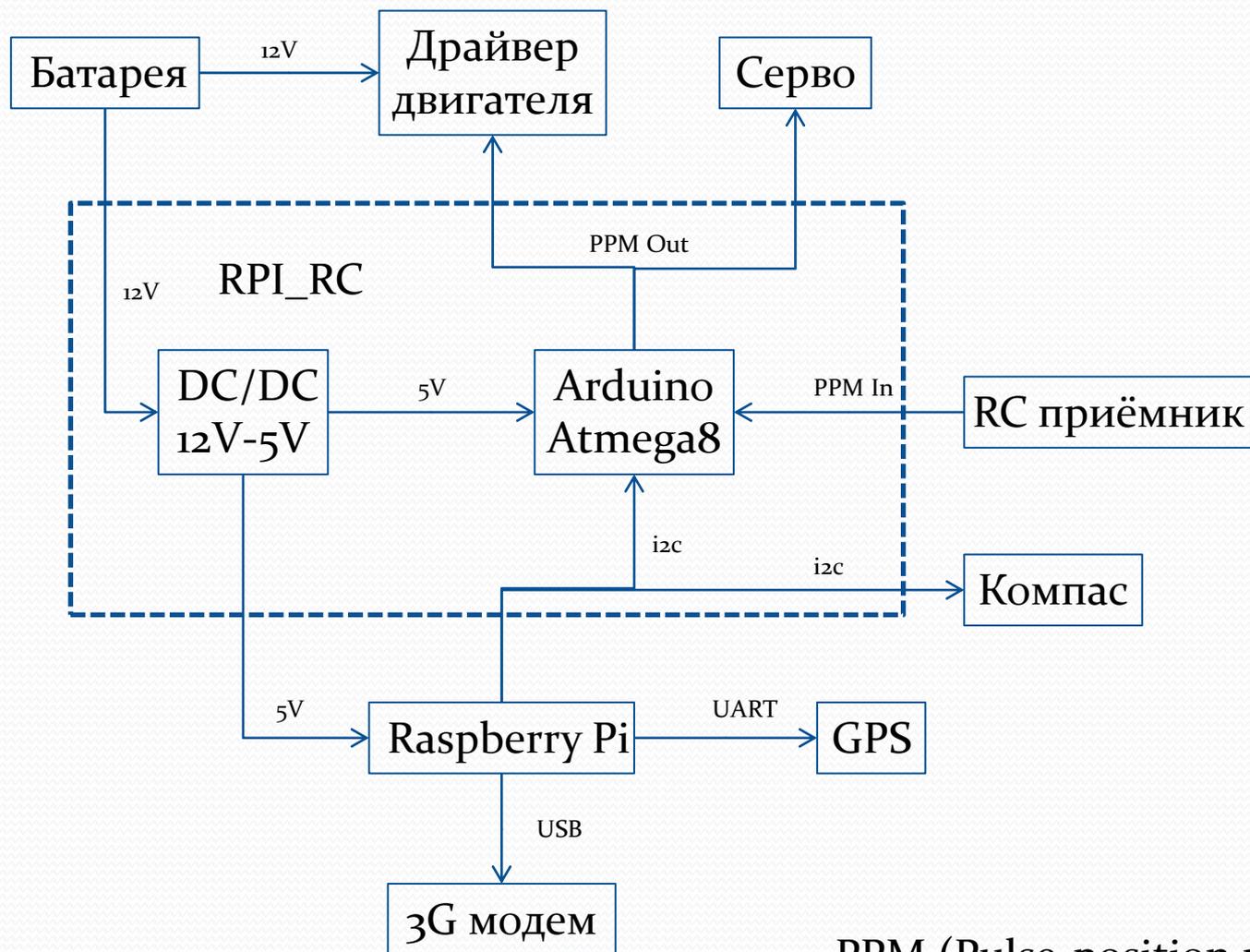
Автопилот на Raspberry Pi

- Ограниченная периферия:
 - 1 UART
 - 1 I²C
 - Нет PWM (не можем послать команду для моторов)
 - Нет АЦП (не можем проверить заряд батареи)
 - Нет RTC (часов с батарейкой)
- Несовершенная система питания
- Linux не является системой реального времени
 - Но есть PREEMPT_RT патч

Автопилот на Raspberry Pi

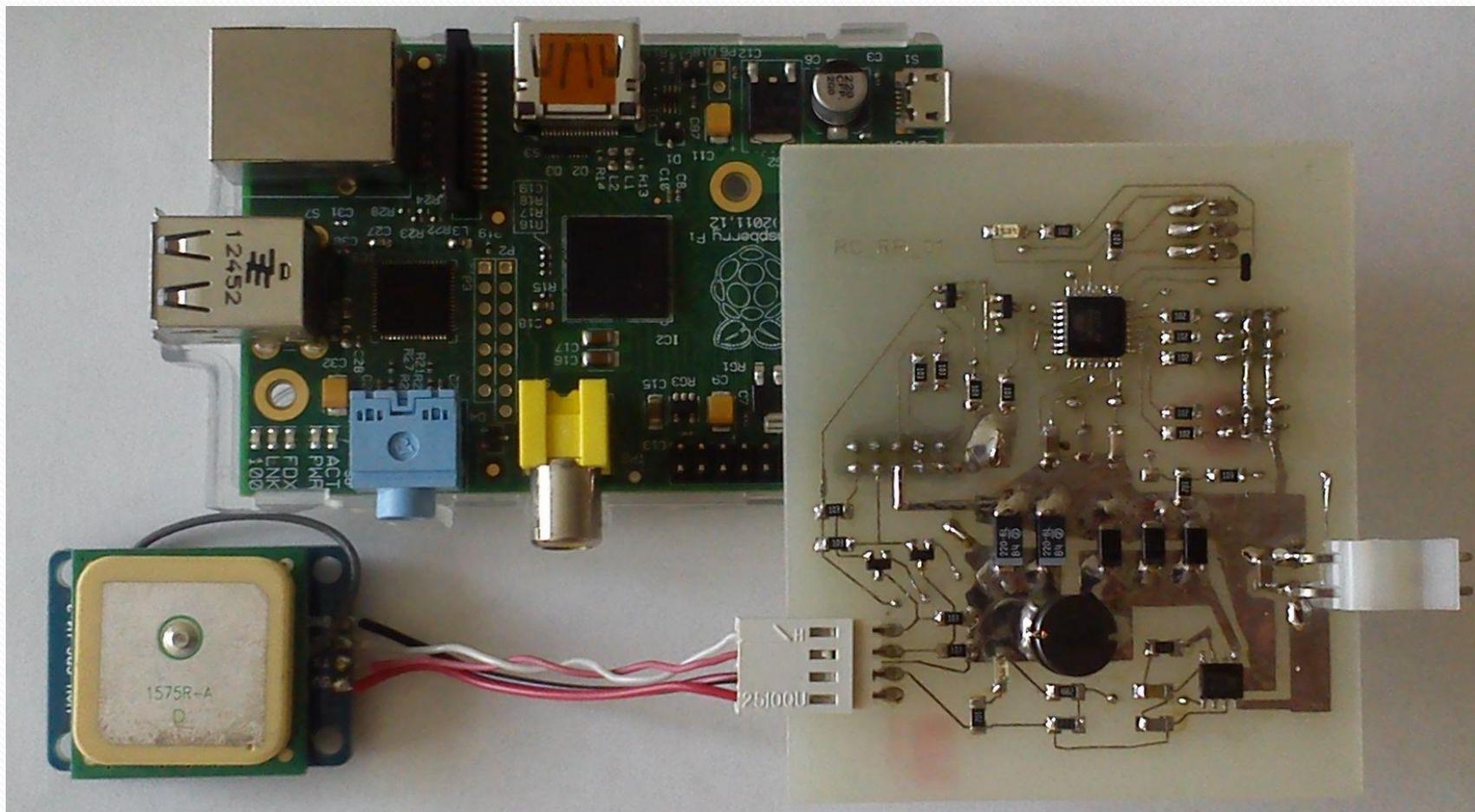
- Нужны:
 - Подсистема питания
 - Arduino для качественного реалтайма
 - Подключение периферийных устройств: преобразователи уровней

Аппаратная структура



PPM (Pulse-position modulation)

Плата расширения



Raspberry Pi: результаты

- Полноценный Linux;
- Проброс потока с GPS с помощью ser2net;
- Простота программирования связки Arduino - Raspberry Pi по I²C:
 - Wire в Arduino;
 - SMBus для Питона в Raspberry Pi;
 - Регистровый протокол.

Что дальше?

- Математика автопилота;
- Реализация протокола MAVLink;
- Реальные результаты измерений.



Спасибо за внимание!

Дунец Андрей,
dunets@gmail.com
<http://robotics.bstu.by>
Брест, Беларусь