Руководство пользователя Робот на гусеничном шасси WHEELTEC tracked vehicle ROS

Оглавление

1.1 Единицы измерения скорости робота	3
1.2 Управление через ROS (последовательный порт 3)	3
1.2.1 Удаленный доступ с виртуальной машины к системе Ubuntu робота	3
1.2.2 Запуск набора функций	4
1.3 Управление с помощью приложения	5
1.3.1 Онлайн-настройки	5
1.3.2 Управление роботом через приложение	7
1.4 Управление с джойстика PS2	8
2 Интерфейс OLED-дисплея	9
2.1 Данные на OLED-дисплее гусеничного робота-тележки	9
3 Компенсация дрейфа нуля гироскопа	9
4.1 Кинематический анализ движения робота 1	0
4.2 Использование языка С 1	2
5 Схемы подключения1	2
5.1 Питание Raspberry Pi 1	2
5.2 Подключение Raspberry Pi к STM32 через последовательный порт 1	2
5.3 Подключение радара к Raspberry Pi 1	3
5.4 Подробная схема периферийных устройств на контроллере STM32 1	4

1.1 Единицы измерения скорости робота

Ниже приведено описание единиц измерения робота, m/s (м/c). Формула преобразования «исходных данных измерения энкодера» в м/с показан на рис. 1.1.1.

Епсоder_A_pr — исходные данные энкокодера; CONTROL_ FREQUENCY — частота управления (Гц); Encoder_Precision — точность измерения энкодера (связана с конструкцией двигателя и платой энкодера); wheel_perimeter — периметр колеса (м); Motor_A.Encoder — фактическая скорость робота (м/с). Ниже показан пример преобразования для энкодера двигателя А. Преобразования для данных с энкодеров двигателей В, С, D производятся аналогично.

MOTOR_A.Encoder= Encoder_A_pr*CONTROL_FREQUENCY*Wheel_perimeter/Encoder_precision; Рисунок 1.1.1 — Формула преобразования скорости робота

На рис. 1.1.2 показана калибровка скорости относительно положительных осей XYZ.



Рисунок 1.1.2 — Калибровка скорости относительно положительных осей ХҮΖ

1.2 Управление через ROS (последовательный порт 3)

По умолчанию робот включается в режиме управления ROS. В этом разделе описан способ управления роботом в среде ROS. Конкретные принципы работы в среде ROS приведены в «Руководстве по разработке в ROS». Более подробно о виртуальных машинах, их создании в среде разработки ROS, а также об удаленном подключении к роботу с системой Ubuntu см. в «Конфигурация программ для Ubuntu».

Далее описано использование клавиатуры виртуальной машины для управления движением робота.

1.2.1 Удаленный доступ с виртуальной машины к системе Ubuntu робота

Обратите внимание, что использование виртуальной машины для управления движением робота требует открытия двух портов, каждый из которых должен иметь отдельный удаленный доступ к системе Ubuntu робота. Для удаленного подключения к системе Ubuntu робота, с виртуальной машины введите команды, показанные на рис. 1.2.1.

passoni@passoni:~\$ ssh wheeltec@192.168.0.100

Рисунок 1.2.1 — ssh wheeltec@192.168.0.100

1.2.2 Запуск набора функций

В первом порту запустите «turn_on_wheeltec_robot» в наборе функций робота «turn_on_wheeltec_robot», чтобы активировать узел управления роботом.

```
wheeltec@wheeltec:~$ roslaunch turn_on_wheeltec_robot turn_on_wheeltec_robot.launch
PucyHok 1.2.2 — roslaunch turn_on_wheeltec_robot turn_on_wheeltec_robot.launch
```

Во втором порту запустите узел управления движением робота через клавиатуру. Для этого запустите узел управления клавиатурой «keyboard_teleop» в наборе функций «wheeltec_robot_rc».

```
wheeltec@wheeltec:~$ roslaunch wheeltec_robot_rc keyboard_teleop.launch
PucyHok 1.2.3 — roslaunch wheeltec robot rc keyboard teleop.launch
```

После запуска узла управления через клавиатуру появится информация об управлении. Теперь можно использовать клавиатуру для управления движением робота. Клавиши управления и команды, выполняемые роботом при их нажатии, показаны в табл. 1.1. Чтобы отключить узел управления, нажмите «crtl+c» или просто закройте порт.

```
Control Your Turtlebot!

Moving around:

u i o

j k l

m , .

q/z : increase/decrease max speeds by 10%

w/x : increase/decrease only linear speed by 10%

e/c : increase/decrease only angular speed by 10%

space key, k : force stop

anything else : stop smoothly

CTRL-C to quit

<u>currently:</u> speed 0.2 turn 1
```

Рисунок 1.2.4 — Информация с порта о запуске узле управления клавиатурой

Клавиша	u	i	0	j
Команда, выполняемая роботом	Движение вперед влево	Движение вперед	Движение вперед вправо	Поворот налево
Клавиша	k	l	m	, ,
Команда, выполняемая роботом	Мгновенная остановка	Поворот направо	Движение назад влево	Движение назад
Клавиша	•	Space	q	Z
Команда, выполняемая роботом	Движение назад вправо	Мгновенная остановка	+10% к скорости	-10% к скорости
Клавиша	W	x	e	С
Команда, выполняемая роботом	+10% к линейной скорости	-10% к линейной скорости	+10% к угловой скорости	-10% к угловой скорости

Таблица 1.1 — Клавиши для управления роботом с помощью клавиатуры

1.3 Управление с помощью приложения

Робот поддерживает управление с приложения через Bluetooth и онлайн-настройку параметров. В этом режиме для управления роботом в пространстве используется джойстик. В приложении можно настроить скорость робота в мм/с, а также увеличить или уменьшить скорость на 100 мм/с помощью кнопок над рычажками джойстика.

При управлении с приложения робот отправляет данные на смартфон через Bluetooth (приложение поддерживает одновременное подключение к WI-FI и Bluetooth). Отправленные данные отображаются на панели Debug, содержимое данных можно просмотреть в файле show.c, в коде функции APP_Show(). Принцип управления с приложения заключается в управлении через последовательный порт и Bluetooth (или Wi-Fi). Приложение использует последовательный порт 2, скорость передачи данных 9600 бод, команды управления поступают на последовательный порт 2 как прерывания.

1.3.1 Онлайн-настройки

Загрузите последнюю версию приложения MiniBalance на смартфон с Android. Затем, с помощью видеоуроков к данному руководству, установите удаленное управление и настраивайте параметры движения робота в режиме онлайн. В интерфейсе «Настройки» можно нажать на «Параметр Х» в каждом канале и изменить его свойства. Примеры настройки показаны на рис. 1.3.1 и рис. 1.3.2.

Помимо этого, перед настройкой параметров PID-регулятора необходимо нажать «Получить параметры устройства» (кнопка в верхнем правом углу), чтобы обновить

параметры PID-регуляторов робота в приложении. После перемещения бегунков приложение отправит обновленные параметры роботу.

Параметр 0 — скорость шасси робота.

Параметры 1, 2 — параметры РІ-регуляторов скорости шасси.

Обратите внимание, если текущая скорость робота составляет 40, чтобы установить скорость 150 (за пределами текущего диапазона) сперва следует установить скорость 80, затем нажать кнопку «Получить параметры устройства», после чего диапазон изменится на 0-160. Общий диапазон скоростей робота составляет 20-200. Подробное описание единиц измерения скорости робота см. «Глава 3. Единицы измерения скорости робота».

三 首页 波形 НАСТРОЙКИ 聊天 🚦	三 首页 波形 НАСТРОЙКИ 聊天 :
НАСТРОЙКИ (ТРЕБУЮТСЯ ПАРАМЕТРЫ ИЗ МЕНЮ)	НАСТРОЙКИ (ТРЕБУЮТСЯ ПАРАМЕТРЫ ИЗ МЕНЮ)
Параметр 0 (0-100000): 50000	Параметр 0 (0-40): 20
Параметр 1 (0-100000): 50000	Параметр 1 (0-600): 300
Параметр 2 (0-100000): 50000	Параметр 2 (0-600): 300
Параметр 3 (0-100000): 50000	Параметр 3 (0-0): 0
Параметр 4 (0-100000): 50000	Параметр 4 (0-0): 0
Параметр 5 (0-100000): 50000	Параметр 5 (0-0): 0
Параметр 6 (0-100000): 50000	Параметр 6 ((0-0): 0 ●

Рисунок 1.3.1 — Интерфейс настроек по умолчанию

Рисунок 1.3.2 — Интерфейс настроек после получения параметров устройства (имена параметров устанавливаются вручную)

1.3.2 Управление роботом через приложение



Рисунок 1.3.3 — Интерфейс управления приложения

При каждом действии с интерфейсом приложения роботу отправляются различные команды (в том числе при переключении между интерфейсами и режимами управления). После приема команд робот возвращает соответствующие данные в ответ. В табл. 1.2 представлены действия с сенсором в интерфейсе и соответствующие им команды.

Таблица 1.2 Описание команд в интерфейсе приложения

Действие	· 1	1	\rightarrow	
сенсором				×

Данные, полученные роботом	0x41	0x42			0x43	0x44
Действие робота	Движение вперед	Движение вперед впр	аво	Пон на м	ворот месте направо	Движение вправо назад
Действие с сенсором	4	K			←	R
Данные, полученные роботом	0x45	0x46			0x47	0x48
Действие робота	Движение назад	Движение назад	влево Поворот на месте налево		Поворот месте налево	Движение вперед влево
Кнопки	Сила тяжести	Сенсор	Кног	опка Замедление		Ускорение
Данные, полученные роботом	0x49	0X4a	0x4	b	0x59	0x58

Примечание: после подключения смартфона к Bluetooth нажмите на сенсорный джойстик в приложении и удерживайте в течение 0.5 с, чтобы активировать управление роботом.

1.4 Управление с джойстика PS2

В режиме управления PS2 используется беспроводной джойстик PS2. Алгоритм управления PS2: сперва подключите джойстик, затем включите его питание, должен загореться красный индикатор на джойстике (нормальная работа). Если индикатор не горит, нажмите кнопку «START» над индикатором, чтобы войти в режим управления с джойстика. В левом нижнем углу дисплея появится надпись «PS2».

В режиме PS2, для движения робота вперед и назад используйте левый рычажок джойстика. Для поворота вправо и влево используйте правый рычажок (при управлении всенаправленной тележкой левый рычажок управляет движением робота в пространстве, а правый рычажок управляет вращением тележки на месте). Такая концепция управления позволяет избежать ошибок, которые легко допустить, если движение вперед-назад и вправо-влево осуществляется с помощью одного рычажка. Две кнопки в верхнем левом углу служат для ускорения и замедления.

Примечание: сперва подключите джойстик PS2 и только после этого включайте его питание. В противном случае джойстик может сгореть, и сервоприводы начнут хаотично вращаться. После включения питания необходимо нажать кнопку «START» на джойстике PS2, чтобы войти в режим PS2.



Рисунок 1.4.1 — Внешний вид джойстика PS2

2 Интерфейс OLED-дисплея

2.1 Данные на OLED-дисплее гусеничного робота-тележки

Робот оснащен OLED-дисплеем. Данные, отображаемые на дисплее, для различных моделей роботов аналогичны.

Tank	BIAS	Ζ	+ 5	5	РЯД 1: ДРЕЙФ НУЛЯ ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ В ПРОЕКЦИИ НА ОСЬ Z
GYRO	Z	+		2	РЯД 2: КОМПЕНСАЦИЯ ДРЕЙФА НУЛЯ ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ В ПРОЕКЦИИ НА ОСЬ Z
L:+	0	+	C)	РЯД 3: ЦЕЛЕВОЕ И ИЗМЕРЕННОЕ ЗНАЧЕНИЯ ЛЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ
R:+	0	+	()	РЯД 4: ЦЕЛЕВОЕ И ИЗМЕРЕННОЕ ЗНАЧЕНИЯ ПРАВОГО ДВИГАТЕЛЯ
MA +	0 ME	3+	()	РЯД 5: ШИМ-СИГНАЛ ДВИГАТЕЛЕЙ
ROS	ON	1:	2.03	V	РЯД 6: РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ, СОСТОЯНИЕ ВКЛЮЧАТЕЛЯ, НАПРЯЖЕНИЕ БАТАРЕИ

Рисунок 2.1.1 — Данные на оснащен ОLED-дисплее для гусеничного робота

3 Компенсация дрейфа нуля гироскопа

Чтобы устранить дрейф нуля гироскопа, в системе навигации, основанной на ROS, предусмотрен IMU-сенсор. У данного робота со средой ROS IMU-сенсор интегрирован в контроллер STM32. Контроллер STM32 собирает данные с IMU-сенсора и отправляет их в ROS. На контроллере STM32 подвижного шасси установлен IMU-сенсор MPU9250, который объединяет в себе трехосевой измеритель угловой скорости, трехосевой акселерометр и трехосевой магнитометр. В данном случае используются только измеритель угловой скорости и акселерометр. Так как избежать дрейфа нуля гироскопа невозможно, предусмотрен программный метод его компенсации.

В первые 10 секунд после включения гироскоп считывает значение угловой скорости без компенсации дрейфа нуля, на 10-ой секунде программа считывает текущее значение угловой скорости в качестве значения дрейфа. Через 10 секунд после включения

светодиодный индикатор начнет мигать, значение дрейфа будет вычтено из всех значений гироскопа, а также из всех последующих значений угловой скорости. Таким образом дрейф нуля будет скомпенсирован.

Если значение дрейфа нуля гироскопа, полученное на 10-ой секунде, не является точным, дважды щелкните кнопку пользовательских настроек (в нижнем левом углу контроллера STM32), чтобы обновить значение дрейфа нуля гироскопа.

На рис. 3.1 показан фрагмент программы сбора данных с гироскопа из файла get_sensor.c с контроллера STM32.



Рисунок 3.1 — Данные, собираемые с гироскопа 4.1 Кинематический анализ движения робота

Чтобы робот двигался желаемым образом, только задать целевую скорость робота недостаточно — ее нужно преобразовать в целевые скорости вращения каждого двигателя и управлять двигателями так, чтобы фактическая скорость робота была равна целевой. Процесс преобразования целевой скорости робота в целевые скорости двигателей называется кинематическим анализом. Кинематический анализ предполагает решение прямой и обратной кинематических задач, которые объясняются следующим образом:

① Прямая кинематическая задача: отыскать скорости робота по осям X, Y и Z на основании скоростей каждого колеса.

⁽²⁾ Обратная кинематическая задача: отыскать скорости каждого колеса на основании скоростей робота по осям X, Y и Z.



Рисунок 4.1 — Кинематическая модель двухколесной дифференциальной тележки

Упрощенная кинематическая модель робота показана на рис. 4.1.Положительное направление оси Х — движение вперед, положительное направление оси Y — сдвиг влево, а положительное направление оси Z — движение против часовой стрелки. Расстояние между колесами робота равно D, скорости робота по осям X и Z — V_x и V_z . Скорости левого и правого колес — V_L и V_R .

Допустим, робот продвинулся на определенное расстояние в направлении влево и вперед. Если расстояние, преодоленное правым колесом, больше расстояния, преодоленного левым колесом, на величину K, а в качестве вспомогательных линий используются линии, «нарисованные» исходными точками на колесах робота во время движения, то получим $\theta_1 = \theta_2$.

Поскольку величина Δt крайне мала (10 мс), изменение угла θ_1 так же крайне мало, и мы получаем следующую формулу:

$$\theta_l \approx sin(\theta_l) = \frac{K}{D}.$$

После математических преобразований получим следующее:

$$K = (V_R - V_L) \cdot \Delta t$$
, $\omega = \frac{\theta_1}{\Delta t}$

Используя эти формулы, можно решить прямую кинематическую задачу: Скорость робота по оси Х равна:

$$V_X = \frac{V_R \neq V_L}{2}.$$

Скорость робота по оси Z равна:

$$V_Z = \frac{V_R - V_L}{D}.$$

Результат решения обратной кинематической задачи получается из выражения скоростей колёс через скорости по осям X, Z.

Скорость левого колеса:

$$V_L = V_X - \frac{V_Z D}{2}.$$

Скорость правого колеса:

$$V_R = V_X + \frac{V_Z D}{2}.$$

4.2 Использование языка С

На двухколесном роботе установлены два двигателя с энкодерами. Необходимо решить задачу кинематического анализа и управлениями двигателями с помощью языка С.

Код на языке С показан ниже.

void Drive_Motor(float vx,float vz) { Target_Left = vx - vz * WIDTH_OF_ROBOT / 2.0f; //расчет левой целевой скорости Target_Right = vx + vz * WIDTH_OF_ROBOT / 2.0f; // расчет правой целевой скорости }

Скрипт выше рассчитывает целевые скорости левого и правого двигателей (обратная кинематическая задача) через скорости робота по осям X и Z. Здесь WIDTH_OF_ROBOT — макроопределение расстояния между двумя колесами.

5 Схемы подключения

В этой главе приводятся ключевые указания к подключению схем робота, а также фотографии некоторых схем для наглядности. Контроллер STM32 оснащен двумя выходами питания 5V. Первый выход 5V обеспечивает питание контроллера STM32 и периферийных устройств (энкодер, Bluetooth-модуль, джойстик и т.д.). Второй выход 5V служит для питания Raspberry Pi.

5.1 Питание Raspberry Pi

Плата питания 5V Raspberry Pi интегрирована в плату расширения контроллера STM32. Для питания можно использовать кабели ТҮРЕ-С-ТҮРЕ-С, способные пропускать ток 3 A и выше.



Рисунок 5.1 — Схема питания Raspberry Pi

5.2 Подключение Raspberry Pi к STM32 через последовательный порт

Так как Raspberry Pi используется в качестве хоста для связи с контроллером STM32, для передачи данных по умолчанию выбирается последовательный порт 3, интегрированный в чип CP2102 с преобразователем уровней.



Рисунок 5.2 — Подключение Raspberry Рі к контроллеру STM32

5.3 Подключение радара к Raspberry Pi

Для подключения лазерного радара к Raspberry Pi требуется обычный кабель Micro-USB, через который Raspberry Pi одновременно питает радар и производит с ним обмен данными.



Рисунок 5.3 — Подключение радара к Raspberry Pi

5.4 Подробная схема периферийных устройств на контроллере STM32



Рисунок 5.4 — Подключение к контроллеру STM32

1. Установка Ubuntu и ROS на виртуальную машину

1.1. Установка Ubuntu и дополнений на виртуальную машину

();1 Установка Ubuntu

Для запуска системы Ubuntu на Windows необходимо для начала установить на Windows ПО виртуализации VMware Workstation, затем установить на виртуальную машину Ubuntu18.0.4.

В ходе установки ПО виртуализации VMware Workstation не требуется совершать никаких сложных действий. Достаточно выбирать все параметры «по умолчанию». При установке Ubuntu на виртуальную машину используйте зеркальные файлы, можно использовать зеркальные файлы, которые предоставляем мы или скачать необходимые вам зеркальные файлы на официальной странице в Интернете.

○;2 Установка дополнения terminal

Так как при работе с ROS используется множество терминалов, рекомендуем установить дополнение terminal для более комфортной работы с терминалами и избежания путаницы между ними. Установка Ubuntu происходит из репозитория, для обновления репозитория введём команду, как на Рисунке 1-1.

Рисунок 1-1 sudo apt-get up

После обновления репозитория введите команду, как на Рисунке 1-2 для установки дополнения.

```
passoni@passoni:~$ sudo apt-get install terminator
```

Рисунок 1-2 sudo apt-get install terminator

После завершения установки вновь откройте терминал, вы увидите, что интерфейс терминала немного изменится, нажмите правой кнопкой мыши на верхнюю строку терминала, на экране появится меню работы с дополнением "terminator", где можно выбрать отображение разделения терминалов по горизонтали или вертикали.



Рисунок 1-3 Рабочий интерфейс дополнения «terminator»

Обратите внимание, что работа с разделенными терминалами происходит в одном окне, при закрытии общего окна, закроются все разделенные окна.

pa	ssoni@passoni:		000
₽ passoni@passoni:-39x11 passoni@passoni:~\$ []	passon†	passoni@passoni: ~ 39x11 @passont : ~ \$	
passoni@passoni:~\$	soni@passoni: ~	80x11	

Рисунок 1-4 Разделенные окна в «terminator»

1.2. Установка ROS на Ubuntu

С процессом установки ROS можно ознакомиться по следующей ссылке:

http://wiki.ros.org/melodic/Installation/Ubuntu

Для установки пошагово следуйте инструкции на официальном сайте, выберите ROS версии melodic для Ubuntu18.

1.3. Создание рабочего пространства ROS

Установите соединение с помощью ROS для виртуальной машины и ROS для Raspberry Pi, процесс должен происходить в рабочем пространстве ROS, поэтому необходимо создать рабочее пространство на виртуальной машине.

○;1 Создание рабочего пространства

Шаг 1. Создайте папку для рабочего пространства, папку можно назвать самостоятельно, в данном руководстве папке присвоено имя catkin_ws, путь к папке можно также задать самостоятельно, в данном руководстве была создана новая папка catkin_ws в корневом каталоге. При создании папки рекомендуем использовать команду, как на Рисунке 1-5.

passoni@passoni:~\$ mkdir catkin_ws

Рисунок 1-5 mkdir catkin_ws

Шаг 2. Зайдите в папку catkin_ws и создайте папку src, обратите внимание, что имя папки обязательно должно быть src. Для создания папки используйте команду, как на Рисунке 1-6.

Рисунок 1-6 mkdir src

Шаг <u>3</u>. Зайдите в папку src, введите команду, как на Рисунке 1-7 для создания файла «CMakerLists.txt», Рисунок 1-8.

passoni@passoni:~/catkin_ws/src\$ catkin_init_workspace Creating symlink "/home/passoni/catkin_ws/src/CMakeLists.txt" pointing to "/opt/ ros/melodic/share/catkin/cmake/toplevel.cmake" Ducymer 1 7 catkin init_workspace

Рисунок 1-7 catkin_init_workspace

```
passoni@passoni:~/catkin_ws/src$ ls
CMakeLists.txt
```

Рисунок 1-8 создание файла CMakerLists.txt

○;2Редактирование рабочего пространства

Шаг 4. Вернитесь в предыдущую папку (catkin_ws), для редактирования рабочего пространства введите команду, как на Рисунке 1-9, после завершения редактирования с помощью команды, как на Рисунке 1-10, вы увидите, что в папке рабочего пространства добавились папки build и devel.

passoni@passoni:~	/catkin_ws/src\$ cd	
passoni@passoni:~	/catkin_ws\$ catkin make	

Рисунок 2-9 catkin_make

```
passoni@passoni:~/catkin_ws$ ls
build devel src
```

Рисунок 1-10 Is

○;3 Настройка параметров

Шаг 5. Перейдите к настройке параметров с помощью команды, как на Рисунке 1-11. После завершения настройки параметров с помощью команды, как на Рисунке 1-12 можно посмотреть параметры.

```
passoni@passoni:~/catkin_ws$ source devel/setup.bash
```

Рисунок 4-11 source devel/setup.bash

passoni@passoni:~/catkin_ws\$ echo \$ROS_PACKAGE_PATH
/home/passoni/catkin_ws/src:/opt/ros/melodic/share

Рисунок 3-12 echo \$ROS_PACKAGE_PATH

Обратите внимание, что после внесения изменений необходимо перезагрузить окно терминала. На этом шаге создание рабочей среды ROS завершено.

1.4. Настройка статического IP-адреса на Ubuntu для виртуальной машины.

Во время установки соединения Ubuntu для виртуальной машины и Ubuntu для ROS (в качестве примера возьмем Raspberry Pi) необходимо знать противоположный IPадрес. Система по умолчанию использует динамический IP-адрес. В процессе работы может происходить непрерывная смена IP-адресов, поэтому настройка статического IP-адреса может избавить от дальнейших трудностей в ходе работы.

Далее описано, как корректно настроить статический IP-адрес на виртуальной машине:

О;1Настройка интернет-соединения виртуальной машины

Для начала переведите режим интернет-соединения виртуальной машины в «режим моста», в противном случае после смены IP-адреса интернет-соединение может быть прервано. Также обратите внимание на то, что если вы одновременно используете кабельный интернет и Wi-Fi, после изменения конфигураций сети может прерваться интернет-соединение виртуальной машины, рекомендуем подключение только к Wi-Fi сети.



Рисунок 1-13 Изменение режима интернет-соединения виртуальной машины

Нажмите в левом верхнем углу VMware на [Редактировать (Е)], нажмите [Редактор виртуальной сети (N)], затем в окне редактора виртуальной сети нажмите [Изменить параметры (С)].

名称	类型	外部连接	主机连接	DHCP	子网地址	
VMnet1 VMnet8	<u> </u>	- NAT 模式	已连接 已连接	已启用 已启用	192.168.113. 192.168.116.	D
<u>,</u>			添加网络(E)	移除网	络(0) 重命	名网络(V
VMnet 信	息					
〇桥接	模式(将虚拟相	机直接连接到外部网络	\$)(B)			
已が	接至(G):				~ 自动	设置(U)
○ NAT	模式(与虚拟相	机共享主机的 IP 地址)	(N)		NAT	设置(S)
• 仅主	机模式(在专)	用网络内连接虚拟机)(H)			
	机虚拟适配器	影连接到此网络(V) 名称: VMware 网络适面	器 VMnet1			
	。应加以但自己合力				DHCP	设置(P).
 図将主 主机 図使用 	本地 DHCP 服	务将 IP 地址分配给虚	拟机(D)		and the second	
 ☑将主 主机 ☑使用 子网IP 	本地 DHCP 服	务将 IP 地址分配给虚 8 .113 .0 子P	拟机(D) 对 掩码(M): 255.255.25	5.0		
 ○将主 主机 ○使用 子网IP 	▲地 DHCP 服 (I): 192 . 16	济将 IP 地址分配给虚 8 .113 .0 子F	拟机(D) 对掩码(M): 255.255.25 ▲ 需要具备管理员:	5.0		更改设置

Рисунок 1-14 Редактор виртуальной сети

В меню [Режим моста (G)]выберите сетевую карту, таким образом можно удаленно по Wi-Fi авторизировать автомобиль в SSH. Если вы хотите вновь подключить виртуальную машину к Интернету, необходимо в меню [Режим моста (G)] выбрать сеть Ethernet.

称	类型	外部连接	主机连接	DHCP	子网地址		
Inet0	桥接模式	Realtek 8188GU Wireless LA	-	-	-		1
Inet1 Inet8	仅主机 NAT 模式	- NAT 模式	已连接 已连接	已启用已启用	192. 168. 113.0 192. 168. 116.0		5.1
			添加网络(F)	移給感	络(0) 重命之网络	ama.C	
inet 信))桥接相 已桥:	息 莫式(将虚拟 接至(G): Rea	0.直接连接到外部网络)(6) altek 8 188GU Wireless LAN 802.1	添加网络(E) In USB NIC	移除网	络(0) 重命名网络 → 自动设置(者(W), U)	FR
Inet信)	息 莫式(将虚拟 接至(G): Rez 莫式(与虚拟	几直接连接到外部网络)(B) altek 8 188GU Wireless LAN 802.1 1.共享主机的 IP 地址/(V)	添加网络(E) In USB NIC	移除网	络(○) 重命名网络 ◆ 自动设置(NAT 设置(5)	各(W), U) 5)	
inet信))桥接柏 已桥:)NAT 札)仅主札	息 莫式(将虚拟 接至(G): Rez 莫式(与虚拟 机模式(在专月	0.直接连接到外部网络)(B) altek 8 188GU Wireless LAN 802.1 1.共享主机的 IP 地址(IN) 目网络内连接虚拟机)(H)	添加阿络(E) In USB NIC	移除网	络(O) 重命名网络 ✓ 自动设置 () NAT 设置 ()	备(W), U) 5)	EPAN

Рисунок 1-15 Редактор виртуальной сети – изменить параметры

O;2Настройка интернет-соединения Ubuntu

Зайдите в систему Ubuntu, в правом верхнем углу на рабочем столе найдите иконку Интернет, на рисунке 1-16 показано меню настройки сети.



Рисунок 1-16 Изменение конфигураций сети Ubuntu

Затем нажмите на кнопку «шестеренка», чтобы просмотреть динамический IP—адрес, данные сетевого шлюза и другую информацию о текущей сети.

有线连接	
已连接 - 1000 Mb/秒	打开 🔷

Рисунок 1-17 Конфигурация сети по умолчанию

Запишите информацию о текущей конфигурации сети, позже ее можно будет использовать при настройке статического IP-адреса. После успешного завершения записи нажмите на кнопку «Отмена (С)» в левом верхнем углу для возврата в предыдущее меню.

链路速度	1000 Mb/秒	
IPv4 地址	192.168.0.142	
IPv6 地址	fe80::20c:29ff:fe8e:a2ed	
硬件地址	00:0C:29:8E:A2:ED	
默认路由	192.168.0.1	
DNS	192.168.0.1	

Рисунок 1-18 Настройки динамического распределения ІР-адресов

Затем установите пользовательские настройки, поставьте в настройках режим статического IP-адреса. Нажмите «+», чтобы добавить новую конфигурацию сети.

1522EIS		Ľ
已连接 - 1000 Mb/秒	打开 打开	\$

Рисунок 1-19 Новая конфигурация сети

О;3Настройка статического IP-адреса

Для начала необходимо дать название новой конфигурации – графа «Название (N)» во вкладке «Статус» в левом верхнем углу, для удобства можно присвоить имя "Static IP".

取消(C)	新配置	添加(A
身份 IPv4 IPv6 安	全	
名称(N)	Static IP	
мас地址		•
克隆的地址(C)		
MTU	自动	- +

Рисунок 1-20 Пользовательская настройка имени

Продолжайте настройку статического IP-адреса во вкладке IPv4, здесь можно просмотреть только что полученную информацию. В случае, если все настройки будут установлены пользователем самостоятельно, может возникнуть сбой сети. Поэтому лучше настраивать статический IP-адрес на основании динамического IP-адреса.

Данные необходимо заполнить согласно полученной ранее информации: DNS, IP-адрес и актуальные данные. Установите значение маски подсети по умолчанию: 255.255.255.0; сетевой шлюз находится в вашем сегменте сети, замените последнюю часть вашего IP-адреса на 1. Например, ваш IP-адрес: 192.168.1.126, тогда ваш сегмент сети: 192.168.1.1; для маршрутизации поставьте авторежим. Вкладки «IPV6» и «Безопасность» не требуют настройки. После завершения настройки статического IP-адреса нажмите на кнопку «Добавить (А)» в правом верхнем углу, чтобы сохранить изменения и выйти.

取消(C)	新配置		添加(A)	
份 IPv4 IPv6 夛	全			
IPv4 方式	〇自动 (DHCP)	○ 仅本地链路		
	●手动	○ 禁用		
地址			e	
地址	子网撞码	阙关		
192.168.0.142	255.255.255.0	192.168.0.1	0	
			0	
DNS		自动	关闭	
192.168.0.1		2:0		
使用逗号分隔IP地址	0			
路由		自动打	л	
地址	子网撞码	网关 2	公制	
1	9		0	

Рисунок 1-21 Меню настройки статического ІР-адреса

После сохранения изменений вы увидите, что добавилась новая конфигурация, нажмите на нее, чтобы переключиться на статический IP-адрес.

配置1 ✔	
IPv4 地址	192.168.0.142
IPv6 地址	fe80::20c:29ff:fe8e:a2ed
硬件地址	00:0C:29:8E:A2:ED
默认路由	192.168.0.1
DNS	192.168.0.1

Рисунок 1-22 Выбор настройки сети

2. Настройка Jetson nano

Jetson nano – это встраиваемая материнская плата аналогичная Raspberri Pi по форме и внешнему соединению. Оснащена четырехъядерным процессором Cortex-A57, графический процессор представлен видеокартой архитектуры NVIDIA Maxwell со 128 ядрами NVIDIA CUDA. Объем памяти составляет 4 ГБ LPDDR4, объем хранилища - 16 ГБ ЕММС 5.1, который поддерживает декодирование видео в формате 4K с частотой 60 Гц. Ниже краткое объяснение, как настроить пользовательскую среду Jetson nano.

2.1. Установка Ubuntu на Jetson nano

Перед запуском NVIDIA Jetson nano выполните следующие действия:

Подготовьте SD-карту, минимальный объем SD-карты для Jetson nano – 16 G, вся система полностью занимает примерно 13 G. Так как далее необходимо будет установить несколько фреймворков машинного обучения, минимально потребуется SD-карта 32 G. Для начала отформатируйте карту с помощью программы SD Card Formatter.

Так как в комплекте с Jetson nano не идет кабель питания, подготовьте его заранее, потребуется кабель Micro USB 5V= 2A; также можно подготовить блок питания 5V= 4A для поддержания мощности при последующем подключении внешних устройств. При использовании источника питания постоянного тока необходимо закмкнуть контакты J48 (с помощью джампера), в противном случае, ток будет поступать через USB-порт по умолчанию.



Рисунок 2-1. Джампер на контактах Ј48

O;1Скачать зеркало для Jetson nano

Перед использованием комплекта для разработки SD карту необходимо подготовить к работе с операционной системой и компонентам JetPack. Сначала загрузите файл для установки зеркала на официальном сайте:

https://developer.nvidia.com/embedded/downloads

Jetson Download Center

See below for downloadable documentation, software, and other resources.

JetPack 4.4.1 is available now! There are two main installation methods, depending on your developer kit:

SI	NVIDIA SDK Manager method	
For Jetson Xavier NX Developer Kit	For Jetson Nano Developer Kit	For any Jetson developer kit
Download this SD Card Image	Download this SD Card Image	Download SDK Manager
Follow these instructions	Follow these instructions	Follow these instructions
	For Jetson Nano 2GB Developer Kit:	
	Download this SD Card Image	
	Follow these instructions	

Обратите внимание, что в зеркале Jetpack4.4 версия CUDA 10.2, версия OpenCV 4.1.1, в Jetpack4.3 версия CUDA10.0, если нужна версия OpenCV 3.4, то можно установить самостоятельно.

O;2Запуск Jetson nano

Вставьте карту с файлом для установки зеркала в Jetson nano, процесс установки зеркала подробно описан в 12-й главе руководства «Установка и резервное копирование зеркала Jetson nano».

После запуска Jetson nano проведите системную настройку, необходимо самостоятельно зарегистрировать учетную запись и задать пароль. После завершения настройки и входа в систему можно приступать к работе.

При установке официального зеркала Jetson nano автоматически устанавливаются компоненты JetPack, cuda, OpenCV, для их использования необходимо будет изменить

Рисунок 2-2. Официальный сайт Ubuntu для установки зеркала Jetson nano

переменные среды. Внесение изменений:

- a) Откройте файл .bashrc с помощью gedit: sudo gedit
- b) Добавьте три строчки

export PATH=/usr/local/cuda-10.0/bin:\$PATH

export LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/cuda/lib64:\$LD_LIBRARY_PATH

export CUDA_HOME=\$CUDA_HOME:/usr/local/cuda-10.0

с) Перезайдите в файл .bashrc: source ~./bashr

d) Для проверки введите команду nvcc -V, если отобразится следующее сообщение, то изменения внесены корректно

wheeltec@wheeltec:~\$ nvcc -V nvcc: NVIDIA (R) Cuda compiler driver Copyright (c) 2005-2018 NVIDIA Corporation Built on Sun_Sep_30_21:09:22_CDT_2018 Cuda compilation tools, release 10.0, V10.0.166

O;3Подключение к сети Jetson nano

Подключить Jetson nano к сети можно тремя способами. Наиболее удобно осуществить подключение с помощью соединения сетевого кабеля с портом LAN роутера. Второй способ: подключение к сети с помощью беспроводной сетевой карты USB. Третий способ: установить беспроводной модуль (необходимо приобрести дополнительно).

Беспроводную сетевую карту можно подключить к свободному разъему М.2 Кеу Е, обратите внимание, что к данному разъему можно подключать только беспроводную сетевую карту. Для того, чтобы установить беспроводной модуль необходимо извлечь главный чип с Jetson nano: открутите два болта, затем аккуратно раскройте защелки по обеим сторонам радиатора. Вытащите основной чип и радиатор и установите беспроводной модуль в гнездо, затем вновь установите основной чип.



Рисунок 2-3 Сетевая беспроводная карта USB Jetson nano



Рисунок 2-4 Установка беспроводного модуля на Jetson nano

После установки беспроводного модуля и запуска подключитесь к сети Wi-Fi.

○;4Настройка статического IP-адреса и замена репозитория для Jetson nano

Процесс настройки статического IP-адреса и замены репозитория для Jetson nano аналогичен процессу для Raspberry Pi, процесс замены репозитория описан в п. 2.1. данного руководства, настройка Wi-Fi и статического IP-адреса описана в главе 7 данного руководства.

○;5Форматирование SD-карты после установки Jeson nano

SD -карта, на которую ранее было установлено зеркало для Jetson nano не может быть распознана системой windows. Ниже описан процесс форматирования SD-карты:

- a) Введите diskpart в коммандной строке cmd для windows;
- Bведите команду "list disk" в появившемся окне для просмотра информации о диске;
- с) Для выбора диска (29GB), на котором расположена карта памяти, введите команду: select disk 2;
- d) Для форматирования введите команду: clean;



Рисунок 2-5 Очистите имеющуюся в системе SD-карту, используя командную строку windows

Обратите внимание, что после очистки SD-карты, может возникнуть ситуация, когда при корректном распознавании диска, windows не открывает каталог диска. В таком случае используйте программу SDFormatter для форматирования.



Рисунок 2-6 Диск после форматирования SD-карты

2.2. Установка ROS на Jetson nano

После завершения настройки Jetson nano можно приступать к установке ROS. Процесс установки ROS описан в п. 1.2. данного руководства.

3. Настройка сети Wi-Fi и статического IP-адреса на Ubuntu

Для установки соединения Ubuntu для ROS (в качестве примера возьмем Raspberry Pi) и Ubuntu для виртуальной машины необходимо использовать общую сеть. Раздайте Wi-Fi с Ubuntu для Raspberry Pi, виртуальная машина подключится к Wi-Fi, таким образом осуществляется совместное использование Интернет-соединения. Во время соединения необходимо использовать IP-адрес обеих сторон, так как система по умолчанию использует динамический IP-адрес, необходимо настроить статический IP-адрес.

3.1. Настройка сети Wi-Fi на Ubuntu

Для запуска Wi-Fi на Ubuntu для Raspberry Pi и настройки статического IP-адреса используйте меню на экране. Сначала разберем работу на Raspberry Pi, обращаем внимание, что в данном руководстве процесс настройки проходит с использованием меню на экране.

Найдите кнопку «Интернет» в правом верхнем углу экрана, щелкните правой кнопкой мыши и выберите «Edit Connections».



Рисунок 3-1 Создание сети Wi-Fi 1

Перейдите в окно создания нового соединения, нажмите на «+», чтобы создать новую сеть Wi-Fi.



Рисунок 3-2 Создание сети Wi-Fi 2

Выберите строку «Wi-Fi», нажмите «create», после чего вы перейдете в меню настройки Wi-Fi.



Рисунок 3-3 Создание сети Wi-Fi 3

В меню настройки Wi-Fi в первую очередь необходимо присвоить имя сети и настроить режим. Название конфигурации и имя сети можно присвоить самостоятельно.

*	Editing Wi-F	Editing Wi-Fi connection 1			
Connection name:	Wi-Fi connection 1	称			
General Wi-	Fi Wi-Fi Security	Proxy IPv4 Settings	IPv6 Settings		
SSID:	wheeltec123	WIFI名称			
Mode:	Hotspot	主机模式	-		
Band:	Automatic	.0.7.1	- ()		
Channel:	default	0	- +		
Device:			•		
Cloned MAC add	ress:	$\langle \rangle$	•		
MTU:	automatic	V	- + bytes		

Рисунок 3-4 Создание сети Wi-Fi 4

Новая сеть Wi-Fi по умолчанию не имеет пароля, необходимо задать пароль вручную, нажмите вкладку «WiFi Security», в строчке «Security» стоит «None».

~		Editing Wi-F	i connecti	on 1	+
Connection	name: W	i-Fi connection 1			
General	Wi-Fi	Wi-Fi Security	Proxy	IPv4 Settings	IPv6 Settings
Security:	None				-
	Commentation				

Рисунок 3-5 Создание сети Wi-Fi 5

Выберите «WPA &WPA2 Personal», затем введите пароль, настройка сети завершена. После завершения настройки сети не торопитесь сохранять изменения и выходить, еще потребуется настройка статического IP-адреса.

·		Editing Wi	i-Fi connectio	on 1	+	×	
onnection na	ime:	Wi-Fi connection 1					
General	Wi-Fi	Wi-Fi Security	Proxy	IPv4 Settings	IPv6 Setting	s	
Security:	WPA 8	& WPA2 Personal			-]	
Password:					<u>21</u>		
	Sh	ow password					

Рисунок 3-6 Создание сети Wi-Fi 6

3.2. Настройка статического IP-адреса на Ubuntu

Продолжайте работу в меню настройки Wi-Fi. Нажмите на вкладку «IPV4_Setting», вы увидите, что в данной вкладке не заданы никакие настройки, нажмите кнопку «Add» для добавления статического IP-адреса.

-		Editing Wi-F	i connectio	on 1	+ ×
Connectio	n name:	Wi-Fi connection 1			
Genera	Wi-I	Fi Wi-Fi Security	Proxy	IPv4 Settings	IPv6 Settings
Metho	: Share	d to other computers			•
Addres	s (option	al)			
Add	ress	Netmask	Gate	way	Add
				-	Delete
DNS	convers.				
	in design				
Sear	in domain	is:			
DHC	client ID				
E F	equire IP	v4 addressing for this	connection t	o complete	
					Routes
				C. weeks	
				Cancel	✓ Save

Рисунок 3-7 Создание сети Wi-Fi 7

Введите, как на Рисунке 3.8., статический IP-адрес, маску подсети и сетевой шлюз, настройка статического IP-адреса завершена. Нажмите кнопку «Save», чтобы сохранить изменения и выйти.

		Earling WI-FI Co	onnection	+
onnection	name: W	i-Fi connection 1		
General	Wi-Fi	Wi-Fi Security	Proxy IPv4 Settings	IPv6 Settings
Method:	Shared to	other computers		•
Address (optional)			
Addre	\$5	Netmask	Gateway	Add
192.16		255.255.255.0	192.168.0.1	
+4-	I DINH I	7534570		Delete
静态	IP地址	子网掩码	网关	Delete
静态	IP地址	子网掩码	网关	Delete
静态 DNS se	NP地址	子网掩码	网关	Delete
静态 DNS se Search	IP地址 rvers: domains:	子网掩码	网关	Delete
静态 DNS se Search	IP地址 rvers: domains:	· 子网掩码	网 关	Delete
静态 DNS se Search DHCP c	IP地址 rvers: domains: lient ID:	· 子网掩码	网 关	Delete
静态 DNS se Search DHCP c	rvers: domains: lient ID: quire IPv4 a	子 子 网 掩 码	网关 nection to complete	Delete
静态 DNS se Search DHCP c	IP地址 rvers: domains: lient ID: quire IPv4 a	子 子 网 掩 码	网关 nection to complete	Delete Routes
静态 DNS se Search DHCP c	rvers: domains: lient ID: quire IPv4 a	- 子网掩码	网关	Routes
静态 DNS se Search DHCP c	rvers: domains: lient ID: quire IPv4 a	- 子网掩码	网关 nection to complete	Routes

Рисунок 3-8 Создание сети Wi-Fi 8

После сохранения изменений, иконка со стрелочками в правом верхнем углу экрана заменится на иконку Wi-Fi и появится всплывающее окно об успешной настройке сети.

untu: ~			🐥 😁 💰 🛜 🥫 🚾 03:29 40) 😏 40 23 5月, 03:28
			Connection Established You are now connected to the Wi-Fi network "wheeltec123". Don't show this message again
	Network Connections		
lame		Last Used +	
Wi-Fi Wi-Fi connection 1		never	

Рисунок 3-9 Создание сети Wi-Fi 9

В этот момент настройка Wi-Fi и статического IP-адреса успешно завершена, необходимо перезагрузить Ubuntu. После перезагрузки откройте терминал, введите команду «ip a» или «ifconfig» для проверки IP-адреса, вы увидите, что IP-адрес заменился на 192.168.0.100.

Ниже приведены несколько подсказок для работы с Wi-Fi на Ubuntu:

();1Wi-Fi автоматически подключается при запуске;

○;2 В случае, если имеется только одна беспроводная сетевая карта (встроенная беспроводная сетевая карта Raspberry Pi), в Ubuntu недоступно одновременное подключение к Wi-Fi и его раздача, (при подключении к сетевому кабелю одновременно раздавать Wi-Fi - можно), поэтому если Ubuntu на Raspberry Pi необходимо подключиться по Wi-Fi к доступной сети, необходимо сначала отключить точку доступа, после чего подключиться к доступной сети;

○;3Если необходимо вновь включить точку доступа Wi-Fi в Ubuntu на Raspberry Pi, необходимо перезапустить Ubuntu, после перезапуска можно вновь включить точку доступа Wi-Fi.

4. Монтирование NFS

С помощью монтирования NFS можно осуществлять удаленный доступ и редактирование файлов в Ubuntu на ROS. С помощью NFS на Ubuntu для виртуальной машины можно получить доступ к файлам Ubuntu для ROS. Можно осуществлять монтирование с помощью сервера и клиента. В данном руководстве Ubuntu на виртуальной машине выступает в качестве клиента, Ubuntu на ROS в качестве сервера. Ubuntu на виртуальной машине монтирует файлы Ubuntu для Raspberry Pi в локальный каталог.

4.1. Настройка сервера NFS

Для начала серверу необходимо смонтировать свои собственные файлы, прежде чем клиент сможет получить к ним доступ. Следующие шаги (;1-(;6выполняются на сервере

(Ubuntu на ROS):

○;1Установите сервер NFS

wheeltec@wheeltec:~\$ sudo apt-get install nfs-kernel-server

Рисунок 4-1 sudo apt-get install nfs-kernel-server

○;2Добавьте общедоступный каталог NFS (папка для монтирования)

wheeltec@wheeltec:~\$ sudo vim /etc/exports

Рисунок 4-2 sudo vim /etc/exports

В конце документа добавьте команду, как на Рисунке ниже, после чего сохраните изменения и выйдите. В начале данной команды прописывается путь файла, который необходимо смонтировать. * обозначает, что доступ к данному каталогу NFS разрешен на любом сегменте сети.

```
# Example for NFSv4:
# /srv/nfs4 gss/krb5i(rw,sync,fsid=0,crossmnt,no_subtree_check)
# /srv/nfs4/homes gss/krb5i(rw,sync,no_subtree_check)
/home/wheeltec/wheeltec_robot *(rw,sync,no_root_squash)
```

Рисунок 4-3 /home/wheeltec/wheeltec_rebot *(rw,sync,no_root_squash)

○;3Настройте права для смонтированного каталога, а также измените владельца файла

ранла

wheeltec@wheeltec:~\$ sudo chmod -R 777 /home/wheeltec/wheeltec_robot

Рисунок 4-4 sudo chmod -R 777 /home/wheeltec/wheeltec_robot

wheeltec@wheeltec:~\$ sudo chown -R 777 /home/wheeltec/wheeltec_robot

Рисунок 4-5 sudo chown -R 777 /home/wheeltec/wheeltec_robot

Обратите внимание, что из-за того, что в папке «wheeltec_robot» есть вложенная папка, в команду необходимо добавить «-R», таким образом действие команды распространится и на саму папку, и на вложенную папку.

○;43апустите NFS

При первом запуске NFS используйте команды, как на Рисунке 4-6 и 4-7 для запуска и перезапуска NFS.

<pre>wheeltec@wheeltec:~\$ sudo /etc/init.d/nfs-kernel-server start</pre>	
Рисунок 4-6 sudo /etc/init.d/nfs-kernel-server start //Запуск сервера NFS	2
wheeltec@wheeltec:~\$ sudo /etc/init.d/nfs-kernel-server restart	

Рисунок 4-7 /etc/init.d/nfs-kernel-server restart //Перезапуск сервера NFS

○;5Монтирование NFS

С помощью данной команды путь /home/wheeltec/wheeltec_robot локального каталога монтируется в путь /mnt локального каталога. 192.168.0.100 – это IP-адрес сервера.

wheeltec@wheeltec:~\$ sudo mount -t nfs -o nolock 192.168.0.100:/home/wheeltec/wheeltec_robot /mnt

Рисунок 4-8 sudo mount -t nfs -o nolock 192.168.0.100:/home/wheeltec/wheeltec_robot /mnt

();6Проверьте успешно ли прошло монтирование

Откройте каталог /mnt, внутри будет путь /home/wheeltec/wheeltec_robot. Или используйте команду df -h для для отображения списка смонтированных файловых систем.

wheeltec@wheeltec:~\$ df -h					
Filesystem	Size	Used	Avail	Use%	Mounted on
udev	878M	0	878M	0%	/dev
tmpfs	185M	7.4M	178M	4%	/run
/dev/mmcblk0p2	29G	18G	11G	62%	1
tmpfs	925M	0	925M	0%	/dev/shm
tmpfs	5.0M	0	5.0M	0%	/run/lock
tmpfs	925M	0	925M	0%	/sys/fs/cgroup
/dev/mmchlk0p1	253M	123M	130M	49%	/hoot/firmware
192.168.0.100:/home/wheeltec/wheeltec_robot	29G	18G	11G	62%	/mnt
unprs	TRPW	4.0%	TRPM	1%	/run/user/110
tmpfs	185M	0	185M	0%	/run/user/1000
wheelterawheelter					

Рисунок 4-9 df -h

<u>Напоминание</u>: после перезагрузки монтирование NFS может исчезать, необходимо вновь вручную проводить монтирование, в нашем зеркале для Raspberry Pi настроено автоматическое монтирование после включения, поэтому каждый раз после включения не требуется повторное монтирование. В главе 9 данного руководства описано, как написать скрипт для автомонтирования при запуске.

4.2. Настройка NFS клиента

Выше было описано, как смонтировать файлы с помощью сервера, в данном пункте мы расскажем, как с помощью клиента смонтировать файлы сервера в локальный каталог.

passoni@passoni:~\$ sudo apt-get install nfs-common

Рисунок 4-10 sudo apt-get install nfs-common

○;2Смонтируйте файлы сервера в локальный каталог

Для монтирования используется команда Mount: sudo[пробел]mount[пробел]-t[пробел]nfs [пробел][IP-адрес сервера][двоеточие][путь к смонтированному сервером файлу][пробел][точка монтирования на клиенте]. Пример команды монтирования предствален на Рисунке 4-11, конкретную точку монтирования и IP-адрес сервера можно менять самостоятельно, данный пример выступает в качестве учебного образца.

passoni@passoni:~\$ sudo mount -t nfs 192.168.0.100:/home/wheeltec/wheeltec_robot /mnt

Рисунок 4-11 sudo mount -t nfs 192.168.0.100:/home/wheeltec/wheeltec_robot /mnt

○;3Проверьте успешно ли прошло монтирование

Откройте каталог /mnt, внутри вы увидите три каталога «src, devel, build». Или используйте команду df -h для для отображения списка смонтированных файловых систем.

5. Использование удаленного доступа по SSH

При использовании ROS на Raspberry Pi, Jetson nano, а также хост-компьютере необходимо вводить команды, однако, когда ROS (в качестве примера возьмем Raspberry Pi) установлен на роботе, подключение монитора и клавиатуры не удобно. В таком случае, наиболее удобным является удаленный доступ к Ubuntu для Raspberry Pi через Ubuntu для виртуальной машины, введенные на виртуальной машине команды будут справедливы для Raspberry Pi. Наиболее часто удалённый доступ осуществляется через сетевой протокол ssh. Ниже представлено руководство по использованию удаленного доступа по ssh.

Ssh по умолчанию установлен на Ubuntu. Ниже приведено руководство по удаленному доступу к Ubuntu для Raspberry Pi через Ubuntu для виртуальной машины. Главным условием для осуществления удаленного доступа по SSH является нахождение главного и подчиненного компьютеров в одной сетевой среде. Подключите подчиненный компьютер (Raspberry Pi) к главному (виртуальная машина) с помощью точки доступа Wi-Fi. IP-адрес подчиненного компьютера: 192.168.0.100, логин: wheeltec.

○;1Пробное подключение

С помощью команды, как на Рисунке 5-1, проверьте целостность и качество соединения. Если при исполнении команды Ping не было выявлено никаких ошибок, то можно осуществлять удаленный доступ по ssh.

pas	soni@p	assor	ni:~\$	ping 192.	168.0.100			
PIN	IG 192.	168.0	9.100	(192.168.	0.100) 56(84	 bytes 	of data.	
64	bytes	from	192.	168.0.100:	<pre>icmp_seq=1</pre>	ttl=64	time=7.60	ms
64	bytes	from	192.	168.0.100:	icmp_seq=2	ttl=64	time=8.56	ms
64	bytes	from	192.	168.0.100:	icmp_seq=3	ttl=64	time=3.10	ms

Рисунок 5-1 Ping 192.168.0.100

○;2Вход в SSH

Если соединение успешно установлено, необходимо ввести пароль подчиненного компьютера, после введения пароля подчиненный компьютер будет доступен для удаленной работы.

```
passoni@passoni:~$ ssh wheeltec@192.168.0.100
wheeltec@192.168.0.100's password:
```

Рисунок 5-2 ssh wheeltec@192.168.0.100

○;3Выход из режима удаленного доступа

Если вы хотите выйти из режима удаленного доступа, но не хотите при этом закрывать терминал, введите команду, как на Рисунке 5-3.

```
wheeltec@wheeltec:/$ exit
logout
Connection to wheeltec closed.
```

○;4Настройка входа в SSH без пароля

Ввод пароля при каждом подключении может быть не слишком удобным, ниже приведена инструкция, как настроить вход без пароля.

Для начала введите команду для создания ключей, как на Рисунке 5-4.

passoni@passoni:~\$ ssh-keygen

Рисунок 5-4 ssh-keygen

Далее нажмите «Enter» во всплывающем окне, для подтверждения сохранения новых изменений нажмите «у».

Enter f	file	in wh	nich t	to save	the	key	(/home/passoni/.ssh/id_rsa):	
/home/r	passo	oni/.s	ssh/id	l_rsa a	lrea	dy e	xists.	
Overwri	ite ((y/n)?	? y					
Enter r		hrace	a lamo	ty for	00	2260	phrase).	
			т	`				

Рисунок 5-5 Окно перезаписи ключа

Выделенные строчки на Рисунке 5-6 сообщают, что публичный открытый ключ и частный секретный ключ были успешно сгенерированы и сохранены.

passoni@passoni:~\$ ssh-keygen
Generating public/private rsa key pair.
Enter file in which to save the key (/home/passoni/.ssh/id rsa):
/home/passoni/.ssh/id rsa already exists.
Dverwrite (v/n)? v
Enter passphrase (empty for no passphrase):
Enter same passphrase again.
Your identification has been saved in /home/passoni/.ssh/id_rsa. Your public key has been saved in /home/passoni/.ssh/id_rsa.pub.
The key fingerprint is:
SHA256:1JJUrJUJPOP4xGBWzTAud51ZudCe4yMbtrsmkqMm84k passoni@passoni
The key's randomart image is:
+[RSA 2048]+
o*B.o
+0++B+0
0.=*=0 +0 0
.+=0 =
oS
. + 0
0+ . +
E=+. 0 000
+[SHA256]+

Рисунок 5-6 Генерация ключа

После генерации ключа необходимо ввести команду, как на Рисунке 5-7, чтобы скопировать секретный ключ. После ввода команды, необходимо ввести пароль подчиненного компьютера. После ввода пароля активируется вход в SSH без пароля. Последняя часть команды— это логин и IP-адрес подчиненного компьютера, их можно заполнить самостоятельно в соответствии с данными подчиненного компьютера.

```
passoni@passoni:~$ ssh-copy-id -i .ssh/id_rsa.pub wheeltec@192.168.0.100
```

Рисунок 5-7 ssh-copy-id -i .ssh/id_rsa.pub wheeltec@192.168.0.100

Настройка входа в SSH без пароля успешно завершена. Для проверки введите команду, как на Рисунке 5-8. Вы увидите, что вход осуществлен без требования ввести пароль.

passoni@passoni:~\$ ssh wheeltec@192.168.0.100
Welcome to Ubuntu 18.04.4 LTS (GNU/Linux 5.3.0-1023-raspi2 aarch64)

Рисунок 5-8 ssh wheeltec@192.168.0.100

○;5Настройка входа без ввода IP-адреса

Упростить вход в ssh можно не только отсутствием пароля, но и ввода IP-адреса. Это не означает, что вход осуществляется без IP-адреса IP-адрес в таком случае автоматически подтягивается к введенному логину. Для начала введите команду, как на Рисунке 5-9 для того, чтобы открыть файл /etc/hosts.

```
passoni@passoni:~$ sudo vim /etc/hosts
```

Рисунок 5-9 sudo vim /etc/hosts

Введите IP-адрес и логин подчиненного компьютера, обратите внимание, что между IPадресом и логином должен быть пробел. Больше никаких изменений вносить не требуется.

	passoni@passoni: ~
8	passoni@passoni: ~ 103x25
127.0.0.1	localhost
127.0.1.1	passoni-virtual-machine
192.168.0.100	wheeltec
# The following	tines are desirable for IPv6 capable hosts
::1 ip6-loca	Thost ip6-loopback
fe00::0 ip6-loca	Inet
ff00::0 ip6-mcas	tprefix
ff02::1 ip6-allr	Todes
ff02::2 ip6-allr	Touters

Рисунок 5-10 192.168.0.100 wheeltec

Сохраните изменения и выйдите, после чего попробуйте войти без ввода IP-адреса.



Рисунок 5-11 ssh wheeltec@wheeltec

6. Настройка соединения нескольких устройств ROS

Для того, чтобы осуществить соединение между несколькими устройствами ROS, необходимо внести изменения в файл .bashrc. В корневом каталоге откройте файл nano .bashrc.

passoni@passoni:~\$ nano .bashrc

Рисунок 6-1 nano .bashrc

Перейдите в конец файла и измените конфигурацию, как на Рисунке ниже:

source /opt/ros/melodic/setup.bash source /home/passoni/catkin_ws/devel/setup.bash export ROS_MASTER_URI=http://192.168.0.100:11311 export ROS_HOSTNAME=192.168.0.142 export SVGA_VGPU10=0

<u>Первая строчка</u> – переменное окружение, настроенное при установке ROS;

Вторая строчка – переменное окружение рабочей области ROS для виртуальной машины;

<u>Третья строчка</u> – IP-адрес подчиненного компьютера, не меняйте число 11311 после двоеточия;

<u>Четвертая строчка</u> - IP-адрес главного компьютера;

Все строки необходимо заполнять в соответствии с актуальными данными.

fi fi	
source	/opt/ros/melodic/setup.bash
source	/home/passnoi/catkin_ws/devel/setup.bash
export	ROS_MASTER_URI=http://192.168.0.100:11311
export	ROS_HOSTNAME=192.168.0.142
export	SVGA_VGPU10=0

Рисунок 6-2 Настройка переменного окружения и ІР-адреса

Сохраните изменения и выйдите, после чего введите команду source для того, чтобы внесенные изменения вступили в силу.



7. Резервное копирование и восстановление зеркала Jetson nano

Ниже дана инструкция для проведения резервного копирования и восстановления зеркала Jetson nano.

7.1. Резервное копирование зеркала Jetson nano

○;1Резервное копирование

Используя картридер, вставьте карту Jetson nano в компьютер на Ubuntu с объемом жесткого диска не менее 32 Gb. Обратите внимание, что при резервном копировании нельзя использовать виртуальную машину, так как Windows не может прочитать карту, на которой установлена система Jetson nano. Ниже описан процесс резервного копирования:

a) Откройте терминал и введите команду sudo fdisk -u –l для того, чтобы посмотреть данные диска;

Device	Start	End	Sectors	Size	Туре	
/dev/sda1	28672	62333918	62305247	29.7G	Linux	filesystem
/dev/sda2	2048	2303	256	128K	Linux	filesystem
/dev/sda3	4096	4991	896	448K	Linux	filesystem
/dev/sda4	6144	7295	1152	576K	Linux	filesystem
/dev/sda5	8192	8319	128	64K	Linux	filesystem
dev/sda6	10240	10623	384	192K	Linux	filesystem
dev/sda7	12288	13055	768	384K	Linux	filesystem
/dev/sda8	14336	14463	128	64K	Linux	filesystem
dev/sda9	16384	17279	896	448K	Linux	filesystem
dev/sda10	18432	19327	896	448K	Linux	filesystem
dev/sda11	20480	22015	1536	768K	Linux	filesystem
dev/sda12	22528	22655	128	64K	Linux	filesystem
dev/sda13	24576	24735	160	80K	Linux	filesystem
/dev/sda14	26624	26879	256	128K	Linux	filesystem
Partition 1	table e	entries a	re not in	disk (order.	
isk /dev/	zram0:	494.5 Mil	B, 518549	504 by	tes, 1	26599 sectors
aiter cart	Dr		1 1			

- b) Введите команду sudo -s или sudo su, чтобы перейти в режим root и подготовиться к резервному копированию;
- с) Для начала резервного копирования введите в терминале команду (перед этим подтвердите sda/b/c);
- d) sudo dd if=/dev/sda | gzip>/home/wheeltec_nano.img.gz
- e) Для отслеживания процесса выполнения резервного копирования введите команду: sudo pkill -USR1 -n -x dd; после завершения резервного копирования в каталоге home будет создан файл wheeltec_nano.img.gz. Если при открытии каталога home, вы не обнаружите данный файл, проверьте через Other Locations-Computer-home, используйте клавишу U для копирования зеркала напрямую.

7.2. Восстановление зеркала Jetson nano

Осуществить восстановление зеркала Jetson nano можно двумя способами. С помощью команд или с помощью утилиты Etcher. Для начала необходимо провести форматирование SD-карты, на которой установлено зеркало. Процесс форматирования SD-карты с зеркалом Jetson nano аналогичен процессу форматирования SD-карты с Raspberry Pi.

○;1Восстановление с помощью команд

- a) Вставьте SD-карту, на которую необходимо будет записать зеркало, в компьютер, на котором уже создана резервная копия зеркала Ubuntu. SD-карта уже должна быть отформатирована;
- b) Откройте терминал в каталоге SD-карты и введите команду sudo fdisk -u –l для того, чтобы проверить объем;
- c) Введите команду sudo -s или sudo su, чтобы перейти в режим root и подготовиться к восстановлению зеркала;
- d) Для начала восстановления зеркада введите в терминале команду (перед этим подтвердите sda/b/c);
- e) sudo gzip -dc /home/wheeltec_nano.img.gz|sudo dd of=/dev/sda После восстановления зеркало сохранится в каталоге home.
 - f) Для отслеживания процесса выполнения восстановления введите в терминале команду sudo pkill -USR1 -n -x dd.

○;2Восстановление с помощью утилиты Etcher

Установите утилиту Etcher, ссылка для установки: https://www.balena.io/etcher/

Откройте Etcher, с помощью клавиши [Select image] откройте файл для установки зеркала -->с помощью клавиши [Select drive] выберите карту microSD -->с помощью клавиши [Flash!] завершите восстановление.



Рисунок 7-2 Восстановление зеркала с помощью утилиты Etcher

8. Основы работы с Ubuntu

В данной главе мы расскажем как настроить права доступа в Ubuntu и пользоваться редактором в Ubuntu.

○;1Папки системы windows в Ubuntu часто называют путями.

○;2Права доступа на Ubuntu строго ограничены. Доступ к редактированию большинства

файлов имеет только суперпользователь root, команда «sudo» расширяет права доступа для пользователей. Для того, чтобы получить доступ с полными правами администратора root используйте команду sudo su. В системе Ubuntu часто требуется вводить пароль, поэтому рекомендуем задать простой пароль, лёгкий для запоминания.

○;3Наиболее часто используемыми редакторами являются vim, nano, gedit. Vim и nano чаще всего используются при работе с командной строкой. При необходимости отредактировать файл используйте sudo для расширения прав доступа. К примеру, необходимо отредактировать файл /etc/bash.sh, тогда вводим команду: sudo vim /etc/bash.sh (в данном случае используем редактор vim. Если в команде заменить vim на nano, то использоваться будет редактор nano).

<u>Использование редактора vim</u>: В редакторе vim нет возможности напрямую менять содержание файла. Нажмите «i» для переключения на «insert» (в нижнем правом углу документа), после чего можно осуществлять ввод, с помощью клавиши «Esc» вернитесь в режим «только для чтения». После завершения внесения изменений вернитесь в режим «только для чтения» и введите : (необходимо ввести двоеточие), после чего продолжите ввод команды – для выхода «: q», для сохранения изменений и выхода «: wq». Если вы внесли изменения, но хотите выйти без сохранения, то введите «: q! », если вы хотите принудительно сохранить используемый файл и выйти, то введите «: wq! ».



Рисунок 8-1 Выход из редактора vim

<u>Использование редактора nano</u>: редактор nano отличается от редактора vim, в редакторе nano можно напрямую менять содержание файла. После внесения изменений их необходимо сохранить, нажмите «ctrl+o», после чего отобразится название документа, если менять название документа не нужно, нажмите клавишу «enter», после чего документ сохранится. Для выхода из редактора нажмите «ctrl+x».



Рисунок 8-2 Строка с названием документа в редакторе папо