

Радиосистема управления беспилотными объектами

GANIN, 12 октября 2019г.

РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники

Задание № 4 на курсовую работу

по дисциплине «Системы и сети связи с подвижными объектами» специальности 11.03.02 инфокоммуникационные технологии и системы связи студенту Ганину С.В группы 619

Руководитель Бакке А.В.

Срок представления законченной работы 13 декабря 2019 г.

1. **Тема работы:** Радиосистема управления беспилотными объектами

2. **Краткое описание темы :**

Система предназначена для обеспечения радиоуправления беспилотным аппаратом и получения от него видеопотока. В прямом направлении на подвижный аппарат поступают команды управления движением, в обратном – поток видеоданных и телеметрические сообщения. Требования к системе: - шифрование команд управления и трафика.

3. **Исходные данные к проекту**

Радиус зоны обслуживания: 5000 м (PR=80% покрытие на границе обслуживания) Тип местности: пригород, сельская местность Вероятность ошибки на бит Pb: 10⁻⁷ Мощность излучения подвижной станции Ризл: < 1 Вт Множественный доступ к среде: OFDM Диапазон частот, вид модуляции выбирается самостоятельно.

1. **Постановка задачи и формулирование технических условий функционирования сети**

1.1. Интерпретация назначения сети в виде произвольного прикладного решения в контексте заданной темы. Формализация телекоммуникационной услуги на основании анализа отношений "пользователь сеть", схематизация отношений. Задачи терминального оборудования и интерфейса

Задача курсовой работы заключается в построения радио сети обеспечивающей соединение терминала пользователя с беспилотным объектом. В рамках данной работы будет рассматриваться Беспилотный летающий аппарат (БПЛА).

Для взаимодействия «пользователь - БПЛА» предполагается наличие пользовательского интерфейса, реализуемого на платформе терминала пользователя. Также потребуется разработка правил взаимодействия сетевых устройств, которые будут реализованы в соответствии с моделью OSI.

В направлении БПЛА будут поступать команды управления , в направлении терминала пользователя видео поток а так же телеметрические данные.

Весь трафик в сети должен быть зашифрован из соображений конфиденциальности.

1.1.1. Интерпретация назначения сети в виде произвольного прикладного решения в контексте заданной темы

В настоящее время работа полиции обременена многими трудностями. Они сталкиваются с задачами, которые не в состоянии решить человек , и в этом ему помогают современные технологии. В США в настоящее время обыденной практикой является использование вертолётов с целью ведения преступников в городской черте.

Благодаря технологии тепловизоров слежение можно вести несмотря на плотную растительность. Тем не менее поднять в воздух вертолёт -это очень дорогое "удовольствие", и их применение является скорее необходимостью, вынужденной мерой. Однако в последние десятилетия технологии шли по пути миниатюризации что позволяет создавать очень компактные устройства. Этот факт не остался без внимания у авиа-проектировщиков. Так и появились устройства которые люди сейчас привыкли называть квадрокоптерами или дронами.

Очевидно небольшой дрон дешевле в производстве чем вертолёт.Современные технологии позволяют использовать дрону необходимое оборудование. Он более мобилен и компактен, для его управления не требуется такого уровня квалификации как для вертолёта. Цена его запуска несоизмерима мала с запуском вертолёта пусть в воздухе он может оставаться меньше.Наличие дрона в воздухе менее заметно по сравнению с вертолётном, а значит злоумышленники могут даже не догадываться ,что находятся в поле зрения правоохранительных органов.

В рамках рассматриваемой задачи все преимущества на стороне беспилотного летательного аппарата(БПЛА).

Формально беспилотные аппараты можно разделить на те что зависают в воздухе подобно вертолёту и те, которые имеют конструкцию самолёта. В данной работе мы будем рассматривать второй вариант.

С точки зрения аэродинамики он будет использовать поверхности крыльев что бы оставаться на высоте что лучше сказывается на энерго потреблении, но мы опустим эти подробности так как они не относятся к теме данной работы.



Такой выбор не лишён недостатков ведь для перемещения обзора камеры придётся

использовать приводы. Так же могут возникнуть затруднения с посадкой самолёто-подобного дрона. Для компенсации этой проблемы в хвостовой части будет установлен парашют, который позволит вертикально посадить дрон без вероятности разбить его о землю при попытке ручной посадки. Его использование ситуативно и в штатном режиме пользователь сам принимает решение как ему поступить.

Подытожив можно обобщить что целью БПЛА будет является слежка с использованием технологии тепловизора под управлением оператора (пользователя), в условиях сельской/городской местности.

1.1.2. Формализация телекоммуникационной услуги на основании анализа отношений "пользователь сеть", схематизация отношений

Рассмотрим подробно систему, в виде нескольких уровней детализации. Радиосистема управления беспилотным объектом подразумевает взаимодействие пользователя с беспилотным летающим аппаратом.

Рассмотрим это взаимодействие на уровне абстрактных предположений. Между ними происходит информационный обмен.



Рис.1 Первый уровень детализации

Перейдем ко второму уровню детализации.

Т.к. у самого пользователя нет средств для передачи информации, пользователь взаимодействует с терминалом управления, то есть с некоторым устройством, обладающим специальным приложением. Соответственно между пользователем и БПЛА есть информационная связь, а между приложениями устанавливается протокол обмена программных объектов.

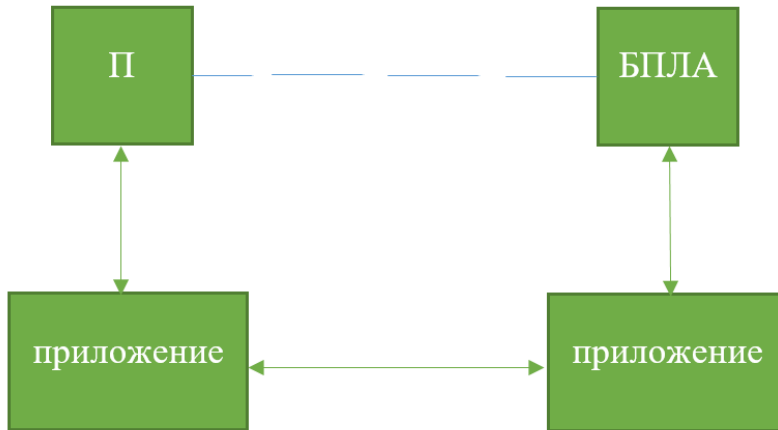


Рис.2 Второй уровень детализации

Переходим к третьему уровню детализации(Рис.2).

Приложение включает в себя службы, которые обеспечивают доставку нужного трафика, т.е. службы доставки сообщений.

Трафик передаваемый с БПЛА имеет различный характер и приложение пользователя должно мочь разделить его и вывести пользователю в удобной ему форме.

Приложение на стороне БПЛА должно формировать создаваемый им трафик для передачи а так же поддерживать возможность перепрошивки для модернизации системы в случае необходимости.

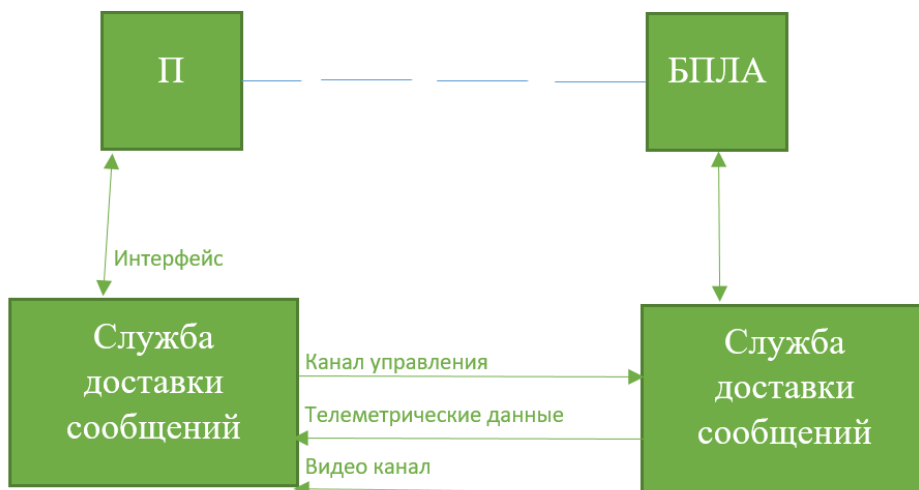


Рис.3 третий уровень детализации

В данной работе имеется различный трафик который в дальнейшем будет обрабатываться разными службами, по этому его необходимо разделить. Телеметрические данные позволят пользователю лучше ориентироваться при управлении БПЛА. К этим данным могут относиться данные с акселерометра, датчика угловой скорости, давления (для определения высоты), цифрового компаса [7]. Канал управления позволит передавать все необходимые команды сформированные

пользователем на БПЛА.
Видео канал

Приложения не могут существовать сами по себе, им нужны терминалы. Таким образом мы подходим к обобщенной архитектуре сети управления БПЛА.

Для управления БПЛА пользователю необходим терминал с удобным интерфейсом и программным обеспечением.

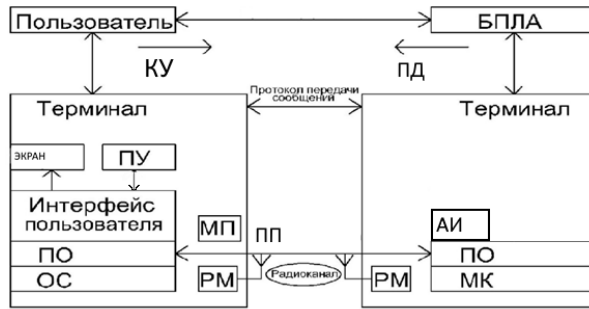


Рис.4 Обобщенная архитектура сети управления БПЛА[2]

Программное обеспечение (ПО) – Программы для обеспечения работы пользователя с терминалом управления. Именно они позволяют выводить на экран полученную от БПЛА картинку и непосредственно управлять полётом.

Стоит отметить что в этом блоке будут заложены шифраторы и дешифраторы на обеих сторонах (симметричное кодирование).

Операционная система (ОС) - Программы нижнего уровня для обеспечения бесперебойной работы операционной системы.

Микроконтроллер (МК) - микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами, сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ и ПЗУ.

Радио модуль (РМ) – Обеспечивает передачу данных на физическом канале.

Модуль подлинности (МП) – Модуль содержащий код, позволяющий произвести подключение к БПЛА.

Протокол управления (ПУ) – набор соглашений о действиях, которые пользователь может совершать над БПЛА (команды) и информация, которую БПЛА может передавать пользователю (видеоданные, телеметрические показания).

Аппаратный интерфейс (АИ) – Предназначен для взаимодействия с блоками телеметрии органами управления (в пространстве) и видео камерой.

Поток данных (ПД) - Поток данных поступающий с БПЛА. В нём заложена информация о местоположении БПЛА и его высоте а так же видео поток.

Команды управления (КУ) – К ним относятся команды управления креном, тангажом, рулём направления, закрылками, показателем скорости, парашютом (способ безопасно посадить БПЛА без использования взлётно посадочной полосы), сигнальным огнём, а так же управление характеристиками видео потока.

В данном случае точкой доступа будет являться терминал управления с которого и будет производиться управление дроном.

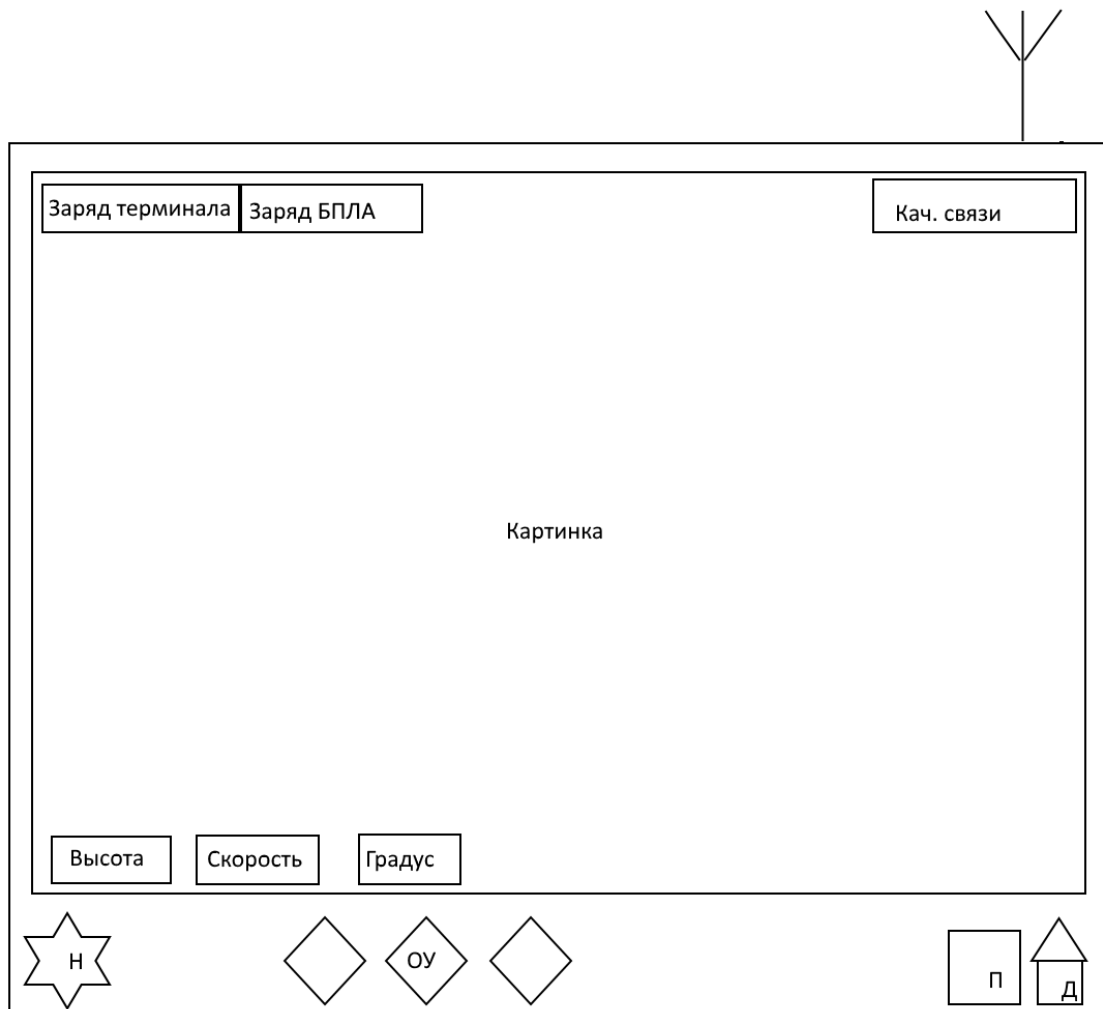


Рис.5 Терминал управления (ТУ)

На рис.5 изображён предполагаемый «пульт» к БПЛА . Поступающий видео поток выводится в виде картинки на монитор и одновременно производит запись на внутреннюю память устройства для возможности анализа полученных данных . Фиксируются заряды батарей самого терминала и БПЛА для оперативной оценки времени возможного использования.

Для ориентации в пространстве указана скорость высота и градус направления БПЛА.

Кнопка Н откроет настройки в случае необходимости изменения текущих параметров. Качество связи выводится на монитор и в случае её падения подразумевается возможность изменения качества передаваемой картинки.

Так же существует возможность перезаписи исходной точки.

Так же плохое качество может сигнализировать о возможном уходе БПЛА из «зоны видимости» терминала управления.

Джойстики (ОУ) органы управления позволяют направлять БПЛА в пространстве.

Кнопка (П) питание активирует терминал управления и запустит процесс соединения с БПЛА .

Кнопка (Д) дом отдаст команду управления БПЛА о немедленном возвращении в исходную точку. К слову летательный аппарат должен быть оснащён системой обнаружения препятствий(она позволит не потерять нашу машину из за непредсказуемого движения птиц или невнимательности пользователя).Стоит отметить что эта система позволяет различать движущиеся объекты от стационарных. Это особенно актуально в условиях города.

1.2. Пояснение сеанса предоставления телекоммуникационной услуги, выявление ключевых параметров сеанса. Характеристика информационного трафика в прямом и обратном направлениях передачи: вид трафика, производительность или предполагаемый объем сообщений и т.п.. Формализация требований к качеству и условиям предоставления услуги.

Используется топология сети точка – точка.

Организация сеанса предоставления телекоммуникационной услуги происходит следующим образом:

Пускай для активации БПЛА на нём будет установлена кнопка включения.

Она активирует основные модули и введёт в дрон режим ожидания.

Он будет ждать широковещательного сигнала с определённой кодовой последовательностью позволяющий идентифицировать владельца.

(кодовая последовательность заложена в ТУ в модуле подлинности).

При нажатии кнопки питания на ТУ операционная система загрузит все ПО и начнёт передавать в

эфир широковещательный сигнал с обговорённой выше кодовой последовательностью.

При успешном «обнаружении» на экране выветятся текущие параметры БПЛА и статус качества связи. На этом этапе дрон зафиксирует текущее местоположение. (При разряженной батарее БПЛА уведомит пользователя о невозможности дальнейшей работы)(Рис.3)
Сеанс связи можно считать начатым.

В процессе могут произойти некоторые сценарии.

- 1) Система обнаружения препятствий не справилась с задачей и произошло столкновение.
 - 1.1) Лётно-технические характеристики позволяют продолжить движение - БПЛА немедленно вернётся в ранее зафиксированную точку.(с использованием парашюта)
 - 1.2) Лётно-технические характеристики не позволяют продолжить движение – БПЛА раскроет парашют и по приземлению укажет пользователю текущее местонахождение.
 - 1.3) Столкновение произошло с поверхностью земли – передача сигнала о текущем местоположении.
 - 1.4) Столкновение вывело БПЛА из строя – активация сигнального огня.
- 2) К дрону приближается объект и система обнаружения препятствий позволила выполнить защитный манёвр, но объект продолжает приближаться- немедленное возвращение в исходную точку.
- 3) Связь БПЛА и ТУ по каким то причинам нарушена. В таком случае дрон начнёт движение в сторону исходной точки. ТУ вновь начнёт испускать широковещательное сообщение с целью поиска БПЛА. Если сигнал от ТУ так и не будет пойман то произойдёт приземление в исходную точку с использованием парашюта. Если сигнал от ТУ обнаружен – продолжение работы.
- 4) В случае когда исходная точка стала неактуальна из за перемещения пользователя – возможность перезаписи исходной точки без учёта высоты.
- 5) Аккумулятор БПЛА разряжен до критических показателей. В таком случае экстренное приземление с использованием парашюта с последующей передачей настоящего местоположения.
- 6) Терминал управления разрядился и отключился . Сценарий 3
- 7) Внутренняя память ТУ заполнена и запись невозможна – предупреждение пользователя о прекращении накопления информации.

При необходимости окончить сеанс связи пользователь должен выключить дрон установленной на нём кнопкой питания. Посадить его на землю он может вручную или с использованием парашюта.

В ситуации когда пользователем будет нажата кнопка выключения на ТУ произойдёт сценарий 6.

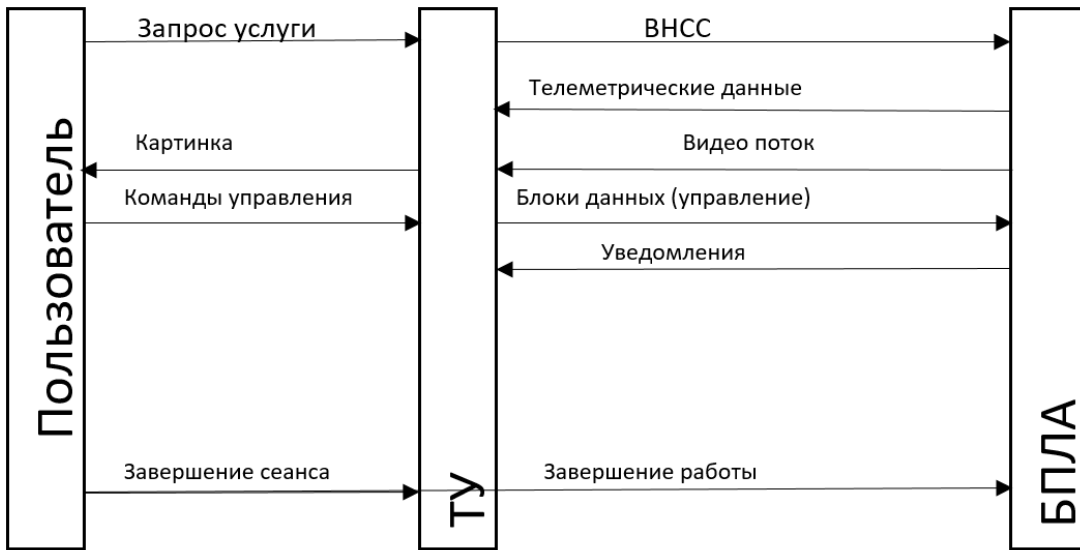


Рис.6 Иерархическая схема

Характеристика трафика

Под трафиком мы будем понимать три вида данных. Это видео поток (до 10 Мбит/с), телеметрические данные (64 Кбит/с) и команды управления (32 Кбит/с).

Самый большой объём информации в канале будет представлять видео трафик поступающий с БПЛА. Предполагается что на БПЛА будет установлен съёмочный комплекс с разрешением 1280x720(HD) и так же тепловизор. Это решение позволит более эффективно обнаруживать цели в условиях города или сельской местности. По мимо всего прочего тепловизор как устройство способное видеть более нагретые объекты, практически не несёт деталей о цели наблюдения. Это говорит о том что в процессе использования качество картинки можно уменьшать без потери информативности. Так же при использовании ЧБ режима можно сократить трафик.

№	Разрешение	Видеосжатие	% движения	Размер кадра, кбайт
1	1280x720 (HD)	H.264-10 (Высокое качество)	80 - Активно	32,517
	Кадр. в сек.	Час. зап. в сутки	Колич. сург. записи	Камер
	30	1,5	1	1
			Объем, Тб	Трафик, Мбит/с
			0,006	7,622
№	Разрешение	Видеосжатие	% движения	Размер кадра, кбайт
1	1020x596 (960H)	H.264-10 (Высокое качество)	80 - Активно	21,450
	Кадр. в сек.	Час. зап. в сутки	Колич. сург. записи	Камер
	30	1,5	1	1
			Объем, Тб	Трафик, Мбит/с
			0,004	5,028
№	Разрешение	Видеосжатие	% движения	Размер кадра, кбайт
1	800x600 (SVGA)	H.264-10 (Высокое качество)	80 - Активно	16,936
	Кадр. в сек.	Час. зап. в сутки	Колич. сург. записи	Камер
	30	1,5	1	1
			Объем, Тб	Трафик, Мбит/с
			0,003	3,970
№	Разрешение	Видеосжатие	% движения	Размер кадра, кбайт
1	800x600 (SVGA)	H.264-30 (Среднее качество)	80 - Активно	10,740
	Кадр. в сек.	Час. зап. в сутки	Колич. сург. записи	Камер
	30	1,5	1	1
			Объем, Тб	Трафик, Мбит/с
			0,002	2,518

Рис.7 Расчёт видео потока[4]

Как видно из расчёта при изменении одного только параметра разрешения можно сократить объём трафика с 7,622 Мбит/с до 3,970 Мбит/с

При изменении параметра видео сжатие можно добиться 2,518 Мбит/с

В процессе использования характеристики канала связи будут изменяться

Если сравнивать вышеупомянутые объёмы данных с потоком данных телеметрии, которая занимает порядка 64Кбит/с, то думается что телеметрией и командами управления которые занимают и того меньше можно пренебречь.

Работать наши устройства будут предположительно в диапазоне частот 790-1215МГц

790 - 1215 МГц		
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО СЛУЖБАМ		
РАЙОН ГРП	НАЦИОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ	КАТЕГОРИЯ
790-862 ФИКСИРОВАННАЯ, РАДИОВЕЩАТЕЛЬНАЯ 694, 700В	790-890 ВОЗДУШНАЯ РАДИОНАВИГАЦИОННАЯ 91, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181	ПР
862-890 ФИКСИРОВАННАЯ, ПОДВИЖНАЯ, за исключением воздушной подвижной, РАДИОВЕЩАТЕЛЬНАЯ 703 700В, 704		

Рис.8 Таблица распределения частот[3]

Имеет смысл выбрать более высокие частоты ведь в таком случае размеры антенны будут меньше, а это важно ведь наши устройства компактные.

- 1.3. Обоснованный выбор архитектуры радиосети. Разработка многозвеньевой модели сети, описание ключевых звеньев доставки сообщений. Проработка сценария выполнения телекоммуникационной задачи с использованием многозвеньевой модели взаимодействия элементов сети.

Основной задачей радиосети является обеспечения радиоуправления беспилотным аппаратом и получения от него видеопотока. В нашей системе множественного доступа в сети не предусмотрено в силу того, что БПЛА, выполняющий сбор информации, заранее знает все параметры терминала и выдает только запросы для его работы. В данной системе мастером является ТУ, т.к он управляет соединением. Ведомым (slave) является БПЛА

- 1.4. Формулирование и пояснений стратегии поведения сетевых объектов, введенных в п.1.3. Обоснование требований к функциональному составу сетевого терминала и выделенного (командного) узла.

- 1.4.1. Формулирование и пояснений стратегии поведения сетевых объектов

Стратегия поведения терминала управления:

1. Заявление о себе (отправка ВССН)
2. Обеспечение получения и обработки данных
3. Обеспечение обработки и отправки данных

Стратегия поведения терминала БПЛА:

1. Ожидание ВССН
2. Прием и ответ на ВССН
3. Обеспечение обработки и отправки данных
4. Обеспечение получения и обработки данных

- 1.4.2 Обоснование требований к функционалу терминала управления :

- 1) Вводить информацию удобным пользователю способом. На первый взгляд управление БПЛА с ТУ не должно вызывать каких либо сложностей в управлении, однако это не самый лёгкий процесс. По мимо начального представления об управлении аппаратом перемещающимся в трёхмерном пространстве, пользователь должен знать особенности конкретного управляемого устройства. По этому функция ввода команд управления перемещением не должна быть сложной, напротив - удобной и простой в освоении.
- 2) Вывод информации - производится посредством монитора. В процессе эксплуатации не исключена ситуация, когда из за складок местности или зданий пользователь может потерять из вида БПЛА. В этом случае "глазами" пользователя станет сам дрон. Так же он передаёт телеметрические данные которые нужны пользователю для управления и ориентации.
- 3) Для осуществления передачи и приёма данных в ТУ необходим радиомодуль.
- 4) Для анализа собранной информации ТУ должен мочь "запомнить" все переданные с БПЛА данные.
- 5) В процессе эксплуатации характеристики канала связи могут ухудшиться или улучшиться, но качество связи должно оставаться на приемлемом уровне. По этому в случае изменения условий передачи ТУ необходимо принимать решения об изменении параметров связи (мощность сигнала, качество передаваемой картинки и т.д)
- 6) В нештатных ситуациях при угрозе целостности БПЛА ТУ должен оповещать пользователя о возможных опасностях.

Построим схему организации структурных блоков ТУ

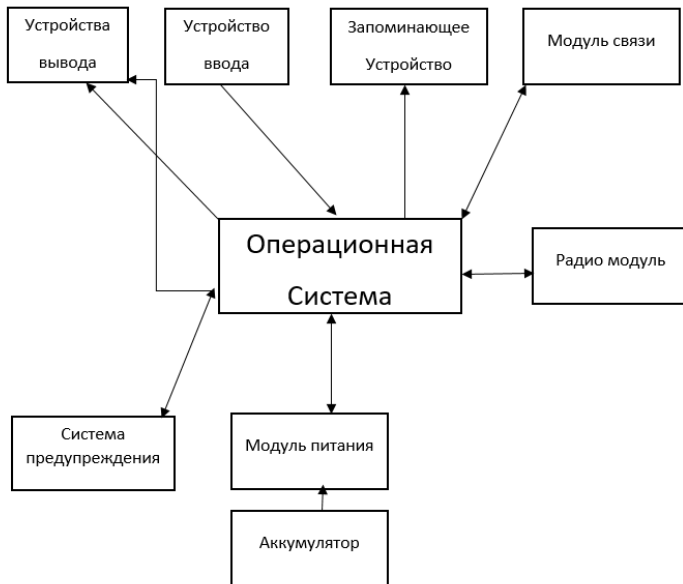


Рис.9 Структурная схема ТУ

Операционная система(ОС) – Является связующим звеном. Предназначена для управления взаимодействием всех функциональных модулей терминала.

Устройство ввода – В качестве устройств ввода выступают джойстики и кнопки.

Устройство вывода – Жидкокристаллический монитор.

Запоминающее устройство – Твердотельный лёгкий накопитель памяти.

Модуль связи – В этом модуле оценивается качество установленного соединения. Если качество канала оказывается неудовлетворительным модуль изменит параметры видео потока путём команды на ОС. Та в свою очередь через радио модуль отдаст команду на БПЛА.

Система предупреждения – Отвечает за оповещение пользователя о разряде аккумуляторов, опасности столкновения БПЛА и т.д.

Модуль питания и аккумулятор – Отвечают за питание электроэнергией элементов в системе.

Радио модуль – Предназначен для беспроводной радио связи ТУ с БПЛА.

Построим схему организации функциональных блоков ТУ

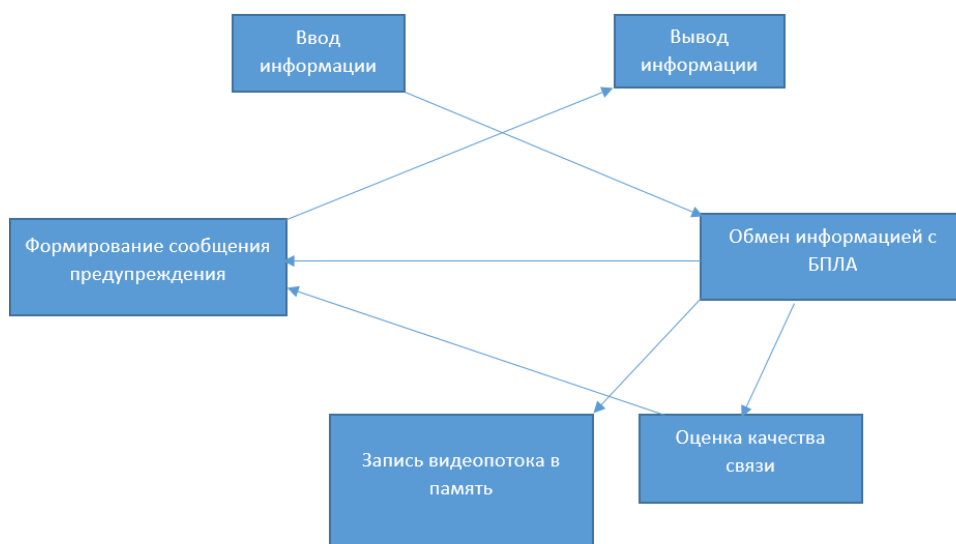


Рис.10 Функциональная схема ТУ

1.4.3. Обоснование требований к функциональному составу беспилотного летящего аппарата :

- 1)Что бы БПЛА мог свободно маневрировать в пространстве ему необходимы органы управления. Ими служат оси крена тангажа и рысканья оборудованные механическими приводами.
- 2) Так же как и на ТУ в БПЛА необходим радиомодуль выполняющий функцию беспроводной передачи и приёма информации.
- 3) Цель БПЛА - обеспечить видео поток данных на ТУ. Для создания такого потока в БПЛА должна присутствовать камера с возможностью переключения режимов работы по качеству а так же с режимом тепловизора.
- 4) В процессе эксплуатации не исключены возможности столкновения с препятствиями. БПЛА должен быть оборудован системой которая позволит уменьшить шансы столкновения.
- 5) С целью улучшения навигационных качеств должны быть установлены телеметрические датчики позволяющие лучше ориентироваться пользователю в пространстве.

Построим схему блоков организации блоков БПЛА.



Рис.11 Структурная схема БПЛА

Микроконтроллер – Микросхема, предназначенная для управления взаимодействием всех функциональных модулей терминала.

Модуль управления- Отдаёт команды на органы управления.

Органы управления – Руль направления , тангаж , крен , парашут , сигнальный огонь ,

механический привод вращения камерой .

Телеметрический комплекс – Предназначен для сбора и передачи информации с телеметрических датчиков.

Система обнаружения препятствий – Система позволяющая сохранить в целости БПЛА в случае возможного столкновения с внешними препятствиями.

Видео комплекс –Позволит осуществлять видео съёмку с возможностью режима теплового видения.

Построим схему функциональных блоков БПЛА

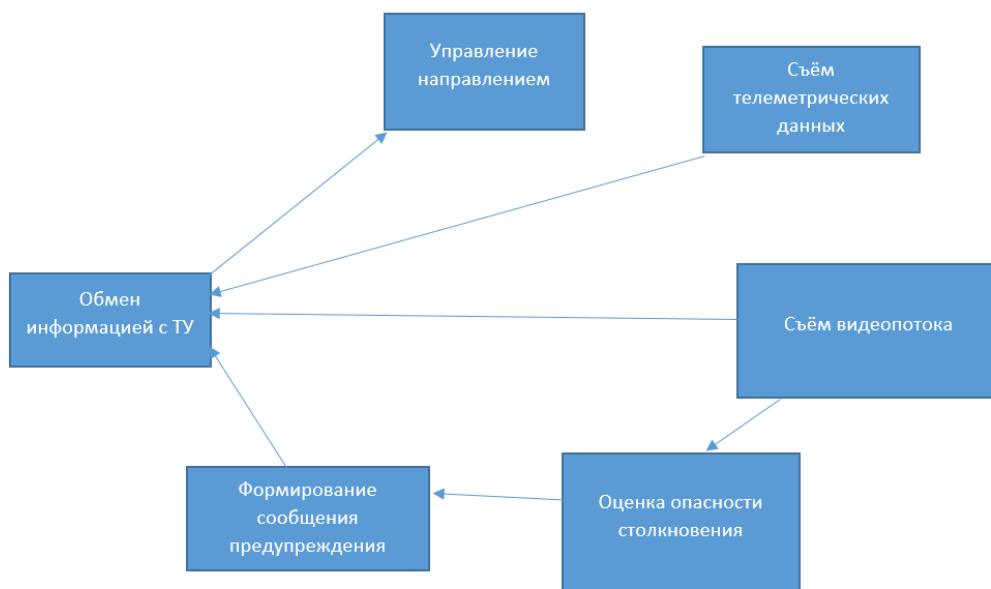


Рис.12 Функциональная схема БПЛА

Библиографический список

1. Бакке А.В. – Лекции по курсу « Системы связи с подвижными объектами».
2. Баранова.А.В. «Радио система управления беспилотными объектами».
3. Государственная комиссия по радио частотам.
4. Определениепропускной способности ЛВС для видеонаблюдения.
5. Гарбунова В.Б. «Радиосистема управления беспилотным аппаратом».
6. Высокоскоростной радиомост Елецкий В.Н
7. Малые беспилотные летательные аппараты-теория и практика. Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн