

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «РГРТУ»

Факультет радиотехники и телекоммуникаций  
Кафедра «Телекоммуникаций и основ радиотехники»

## КУРСОВАЯ РАБОТА

часть 2

по теме «Радиосистема управления беспилотными объектами»  
по дисциплине «Системы и сети связи с подвижными объектами»

Выполнил:  
ст. гр. 719  
Дудин П.А.

Проверил:  
доц. каф. ТОР  
Бакке А.В.

Рязань 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>2. Проработка плоскости управления сценариями взаимодействия .....</b>	<b>3</b>
2.1. Назначение плоскости управления (сигнализации) радиосети, пояснение идеи двустороннего управления решениями в виде "событие->воздействие-> исполнение->уведомление об исполнении". Пояснение основных служб плоскости управления и краткий анализ их задач, подготовка и обоснование нескольких примеров сигнальных сообщений. ....	3
2.2. Разработка иерархической модели радиосети - как транспортной платформы доставки информационных и служебных сообщений. Выделение отдельной транспортной сети в составе радиосети, анализ ключевых слоев и звеньев модели (физические ресурсы - канал передачи данных – службы управления сеансом соединения/сценариями взаимодействия).....	4
2.3. Пояснение правил идентификации установленных соединений (сессий), сообщений, процедур/служб обработки сигнальных сообщений, а также сетевых объектов (организация адресного пространства радиосети). ....	5
2.4. Формирование диаграмм состояний сетевых объектов с учетом мер по обеспечению энергосбережения. Выделение активного и пассивного состояний терминалов и анализ задач (режимов) сетевых объектов, выполняемых в этих состояниях.....	5
2.5. Проработка ключевых сценариев взаимодействия объектов сети: обнаружение/идентификация сети, регистрация/привязка к сети, реализация сеанса предоставления услуги и т.п.. Разработка сценария, выполняющего оперативное реагирование на изменение качества соединения. Подготовка сводной таблицы сигнальных сообщений (название и назначение) проработанных сценариев.....	7
<b>Список литературы и используемых источников.....</b>	<b>10</b>

## 2. Проработка плоскости управления сценариями взаимодействия

### 2.1. Назначение плоскости управления (сигнализации) радиосети, пояснение идеи двустороннего управления решениями в виде "событие->воздействие->исполнение->уведомление об исполнении". Пояснение основных служб плоскости управления и краткий анализ их задач, подготовка и обоснование нескольких примеров сигнальных сообщений.

#### 2.1.1. Назначение плоскости управления (сигнализации) радиосети, пояснение идеи двустороннего управления решениями в виде "событие->воздействие->исполнение->уведомление об исполнении".

Плоскость управления (сигнализации) радиосети предназначена для формулирования сценариев взаимодействия сетевых объектов. На ней закладываются определенные наборы действий (сценариев), которые исполняют сетевые объекты, взаимодействуя между собой.

В контексте данной работы рассматривается взаимодействие лишь двух сетевых объектов, поэтому L3 уровень не имеет применения. Плоскостью управления и сигнализации будет являться верхний слой L2 уровня, подуровень управления радиосоединениями. На нем закладываются определенные наборы действий (сценариев), которые исполняют сетевые объекты, взаимодействуя между собой. Таким образом в системе на L2 уровне будет располагаться подуровень управления радиосоединениями и подуровень доставки сообщений.

Идею двустороннего управления решениями рассмотрим на примере управления полетом БПЛА. Событием является формирование служебного сообщения, содержащего в себе команды управления. Воздействием будет являться передача данного сообщения на БПЛА, исполнение – прием сообщения, содержащего команды управления, расшифровка, проверка его целостности, и передача его службе управления кинематикой. Уведомлением об исполнении является формирование и передача служебного сообщения БПЛА, которое является подтверждением об успешном приеме данного сообщения, или запрос повторной передачи, в случае обнаружения ошибок в принятом БПЛА сообщении.

#### 2.1.2. Пояснение основных служб плоскости управления и краткий анализ их задач, подготовка и обоснование нескольких примеров сигнальных сообщений.

В рассматриваемой радиосистеме все сообщения делятся на служебные сообщения и сообщения трафика. Служебные сообщения формируются на уровне управления радиосоединениями, с помощью служебных сообщений реализуется выполнение правил проведения сеанса связи.

На уровне управления радиосоединениями сетевых объектов реализуется служба управления соединением, она выполняет функции установления двустороннего логического соединения между сетевыми объектами с заданными параметрами, так же она отвечает за формирование и прием ШВС сообщений.

Ввиду того, что трафик в прямом и в обратном направлении передачи различается, в одном случае это команды управления, а в другом видеопоток, то необходимо на L2 уровне предусмотреть две службы для каждого вида трафика: служба контроля качества соединения и служба передачи данных. Кроме того, отличается и информационный объем различных видов трафика, с учетом этого служба управления соединением разделяется на две подслужбы: службу организации низкоскоростного соединения и службу организации высокоскоростного обратного канала трафика.

Служба передачи данных, отвечает за надлежащую доставку команд управления на БПЛА и данных телеметрии на ПУ, для этого используется метод автоматического запроса повторной передачи ARQ (Architectural Research Quarterly). Данная служба отвечает за повторную передачу сообщения, которое было принято с ошибками. В случае, если некоторые пакеты были переданы с ошибками, то в данной службе сначала регистрируются номера ошибочно принятых пакетов и далее формируется запрос на их повторную передачу.

## **2.2. Разработка иерархической модели радиосети - как транспортной платформы доставки информационных и служебных сообщений. Выделение отдельной транспортной сети в составе радиосети, анализ ключевых слоев и звеньев модели (физические ресурсы - канал передачи данных – службы управления сеансом соединения/сценариями взаимодействия).**

Описание иерархической модели сетевых объектов рассмотрим в соответствии с рекомендациями модели Open System Interconnection (OSI). Модель определяет различные уровни взаимодействия систем, при таком взаимодействии каждый уровень выполняет определенные функции.

Физический уровень (L1) – предназначен для взаимодействия по физической среде. На этом уровне происходит модуляция сигнала, а также добавление пакетов временной и частотной синхронизации. Также на физическом уровне осуществляется оценка качества связи (радиоизмерения). Данный уровень необходим для организации и поддержки в работоспособном состоянии соответствующих физических каналов.

Канальный уровень (L2) – предназначен для передачи сообщений между сетевыми объектами, т.е. установление, обеспечение работоспособности и прекращение адресного и широковещательного соединения. На данный уровень поступают служебные и информационные сообщения (команды управления, видеопоток и данные телеметрии). Сформированные на L2 уровне пакеты поступают на L1 уровень. На L2 уровне присутствует служба передачи данных и служба контроля качества соединения.

Подуровень управления радиосоединениями предназначен для реализации разнообразных правил проведения сеанса связи, а с помощью формируемых на этом уровне сигнальных (служебных) сообщений осуществляется согласованное выполнение этих правил. В разрабатываемой радиосети на данном уровне находятся службы организации низкоскоростного соединения и организации высокоскоростного обратного канала трафика.

Иерархическая модель радиосети схематично представлена на рисунке 13.

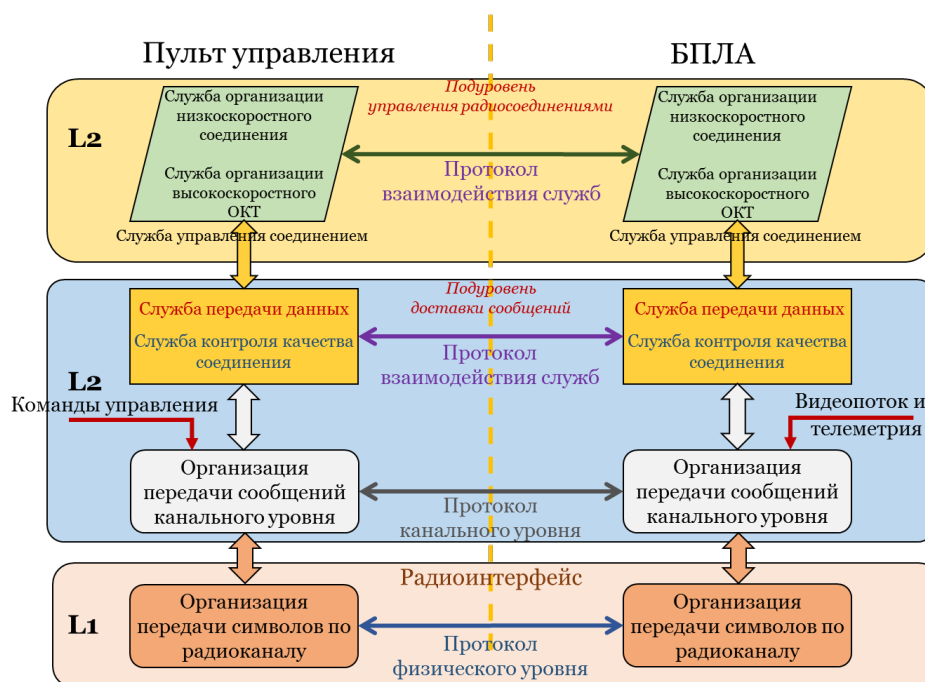


Рисунок 13 – иерархическая модель радиосети

### 2.3. Пояснение правил идентификации установленных соединений (сессий), сообщений, процедур/служб обработки сигнальных сообщений, а также сетевых объектов (организация адресного пространства радиосети).

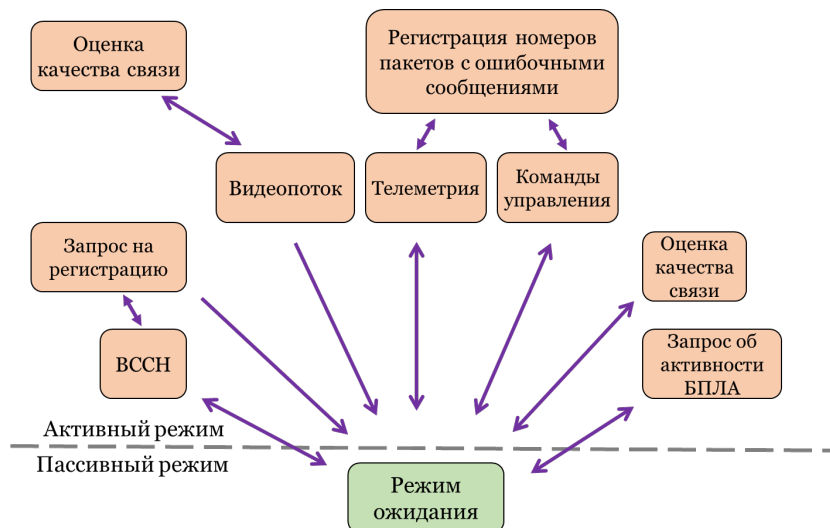
В данной сети принимают участие лишь 2 сетевых объекта: ПУ и БПЛА. Предполагается, что на программном уровне уже заложены необходимые параметры и сетевые объекты «знают» друг о друге. Тем не менее не исключена ситуация, в которой две подобные системы могут оказаться в непосредственной близости. С этой целью добавляется поле идентификации этих сетевых объектов. Данные идентификаторы в сообщениях канала передачи данных также будут являться идентификаторами сессии.

Кроме того, т.к. на L2 уровне находится две службы, то становится необходимым и поле идентификации служебного сообщения, с целью отличия сообщений, предназначенных для разных служб.

### 2.4. Формирование диаграмм состояний сетевых объектов с учетом мер по обеспечению энергосбережения. Выделение активного и пассивного состояний терминалов и анализ задач (режимов) сетевых объектов, выполняемых в этих состояниях.

После включения ПУ, осуществляется переход в режим ожидания. Из режима ожидания ПУ выходит в режим вещания ВССН. При обнаружении БПЛА, на ПУ поступит запрос на регистрацию в сети. При успешном прохождении процедуры регистрации ПУ возвращается в режим ожидания, в случае не успешной попытки будет осуществлен возврат в режим вещания ВССН. Периодически из режима ожидания ПУ будет переходить в режим вещания ВССН, для передачи актуальной информации о сети. Из режима ожидания ПУ переходит активный режим при передаче команд управления, приеме данных телеметрии и приеме видеопотока, откуда после завершения обмена данными возвращается в режим ожидания. В случае если в процессе приема, какие-либо сообщения были приняты с ошибкой,

происходит регистрация номеров пакетов ошибочно принятых сообщений и затем формируется сообщение о требовании повторной передачи. После отправки сообщения, содержащего требование о повторной передаче ошибочно принятых данных, происходит переход в режим ожидания. Также ПУ периодически выходит из режима ожидания, для того что бы провести оценку качества связи путем радиоизмерений, после которой вновь возвращается в режим ожидания.



На следующем рисунке представлена диаграмма состояний БПЛА. После включения БПЛА переходит в режим поиска широкополосного сообщения (ВССН). При обнаружении ВССН, отправляется запрос на регистрацию. В случае неудачи БПЛА вернется в состояние поиска ВССН. Если регистрация прошла успешно, то БПЛА может перейти в режим ожидания. Из режима ожидания БПЛА может переходить в режим поиска ВССН, либо в активный режим: в режим приема сообщений с ПУ и передачи телеметрии и сигнальных сообщений по низкоскоростному соединению. Параллельно с этим имеется возможность передачи видеопотока по высокоскоростному обратному каналу трафика. В случае если в процессе приема, какие-либо сообщения были приняты с ошибкой, происходит регистрация номеров пакетов ошибочно принятых сообщений и затем формируется сообщение о просьбе повторной передачи ошибочных сообщений. Если сообщения были приняты без ошибок, и новых сообщений не поступает, то БПЛА будет ожидать новых сообщений еще на протяжении 5 минут, если за это время сообщения не поступают и БПЛА не находится в полете, то БПЛА переходит из режима обмена данными в режим ожидания, который является энергосберегающим режимом. В режиме ожидания БПЛА не будет транслировать видеопоток, с целью экономии заряда аккумулятора, но при этом передача данных телеметрии остается доступной. БПЛА выходит из режима ожидания в случае получения команд управления от ПУ. Так же, как и ПУ, БПЛА должен периодически осуществлять оценку качества связи.

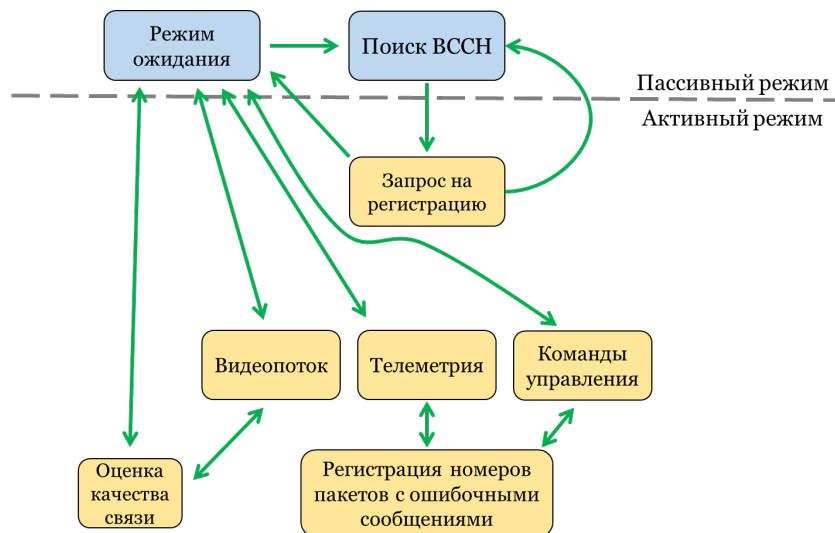


Рисунок 15 – диаграмма состояний БПЛА

## 2.5. Проработка ключевых сценариев взаимодействия объектов сети: обнаружение/идентификация сети, регистрация/привязка к сети, реализация сеанса предоставления услуги и т.п.. Разработка сценария, выполняющего оперативное реагирование на изменение качества соединения. Подготовка сводной таблицы сигнальных сообщений (название и назначение) проработанных сценариев.

### 2.5.1. Проработка ключевых сценариев взаимодействия объектов сети: обнаружение/идентификация сети, регистрация/привязка к сети, реализация сеанса предоставления услуги и т.п..

Рассмотрим ключевые сценарии взаимодействия объектов сети. Служба управления соединением посредством подслужбы организации низкоскоростного соединения организует дуплексное соединение между ПУ и БПЛА. Взаимодействие объектов начинается с того момента, когда ПУ переходит в режим отправки ВССН. При детектировании ВССН беспилотным аппаратом данная служба сформирует запрос о предоставлении ТК услуги, отправив запрос регистрации на ПУ (запрос выделения канальных ресурсов). На ПУ данной службой принимается решение о выделении ресурсов, и соответствующее решение отправляется на БПЛА, будет отправлен ответ либо о подтверждении в регистрации и выделении ресурсов, либо в отказе в регистрации. Таким образом, ПУ объявляет о том, что выделен ресурс, установлено соединение и организован канал передачи данных.

При помощи подслужбы организации высокоскоростного обратного канала трафика организуется симплексное соединение между БПЛА и ПУ, по которому осуществляется передача видеотрафика только в обратном направлении. Решение о выделении ресурсов для обратного канала осуществляет ПУ. После выделения ресурсов для низкоскоростного соединения ПУ выделяет ресурсы для высокоскоростного обратного канала связи, этот процесс сопровождается обменом сообщениями служб управления соединением и передачи данных.

Для оценки условий, в которых функционируют объекты радиосети, планируется оценка качества связи во время проведения сеанса связи. Для борьбы с ошибками при передаче задействуются служба контроля качества соединения и служба передачи данных.

### 2.5.2. Разработка сценария, выполняющего оперативное реагирование на изменение качества соединения.

После установления соединения между ПУ и БПЛА службой контроля качества соединения ПУ отправляется запрос на физический уровень с просьбой предоставить данные оценки качества связи, т.е. о радиоизмерениях. Приняв эти данные, службой контроля качества соединения принимается решение о выборе профиля работы, после чего формируется соответствующее сообщение, содержащее информацию о профиле работы. Данное сообщение передается на БПЛА, где аналогичной службой будет принято решение либо о переходе на предложенный новый профиль работы, если качество соединения ухудшилось, либо решение оставаться на текущем профиле работы. После чего БПЛА отправит на ПУ информацию о том, что со следующего пакета начинает действовать другой профиль сетевого протокола, требуемый для улучшения качества соединения. Описанным выше сценарием осуществляется переход на новый профиль работы между ПУ и БПЛА.

Служба передачи данных основана на методе ARQ. Она производит оценку принятого сообщения на наличие ошибок. В случае если сообщение принято с ошибкой службой фиксируются номера ошибочных сообщений. При накоплении некоторого числа ошибочных сообщений, данная служба формирует запрос на повторную передачу. Таким образом, с ПУ на БПЛА отправляется запрос на повторную передачу сообщений, принятых с ошибкой. Затем осуществляется повторный прием этих сообщений.

Ключевые сценарии взаимодействия объектов сети схематично представлены на рисунке 16.

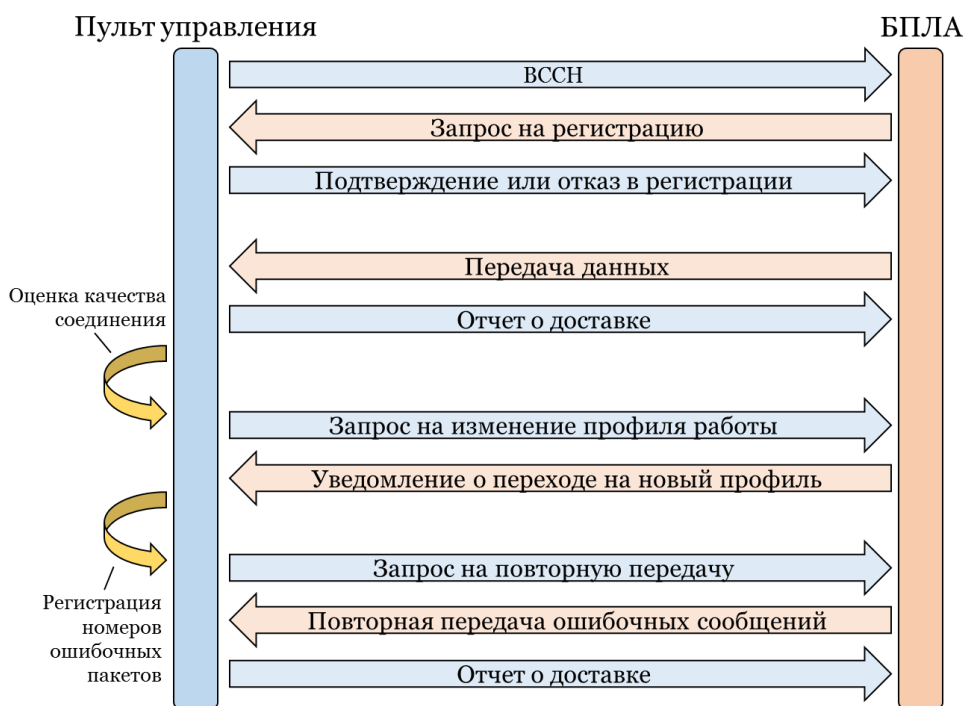


Рисунок 16 – сценарии взаимодействия сетевых объектов



2.5.3. Подготовка сводной таблицы сигнальных сообщений (название и назначение) проработанных сценариев.

Таблица 1

Сигнальное сообщение	Служба
Запрос на регистрацию	Служба управления соединением: подслужба организации низкоскоростного соединения
Подтверждение в регистрации	
Отказ в регистрации	
Выделение канальных ресурсов	
Выделение высокоскоростного обратного КТ	Служба управления соединением: подслужба организации высокоскоростного обратного канала трафика
Запрос оценки качества активного соединения	Служба контроля качества соединения
Запрос на изменение профиля работы	
Уведомление о переходе на новый профиль	
Уведомление об успешном приеме	Служба передачи данных
Запрос на повторную передачу	

### Список литературы и используемых источников

1. Лекции по курсу «Системы и сети связи с подвижными объектами» / А.В. Бакке – Рязань, 2020.
2. [Радиосистема управления беспилотными объектами. Часть 2 / А.В. Баранова – Рязань, 2018.](#)
3. [Радиосистема управления беспилотным аппаратом. Часть 2 / И.И. Макаркин – Рязань, 2017.](#)
4. [Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика – Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2015 – 312 с.](#)