

Радиосеть сбора данных. Часть 3 - канальный уровень.

ribakov_dmitry, 24 декабря 2016г.

Построение результирующих иерархических моделей терминала и выделенных узлов сети (в соответствии с концепцией OSI) с отражением путей доставки служебных, так и информационных сообщений.

Базовая модель связи открытых систем OSI описывает правила и процедуры передачи данных в различных сетевых средах при организации сеанса связи. В нашей работе будут рассмотрены три нижних уровня базовой сетевой модели, а именно физический, канальный и уровень принятия решений (рисунок 1). Данный рисунок является расширенным представлением рисунка 3 и рисунка 1 соответствующих работ.

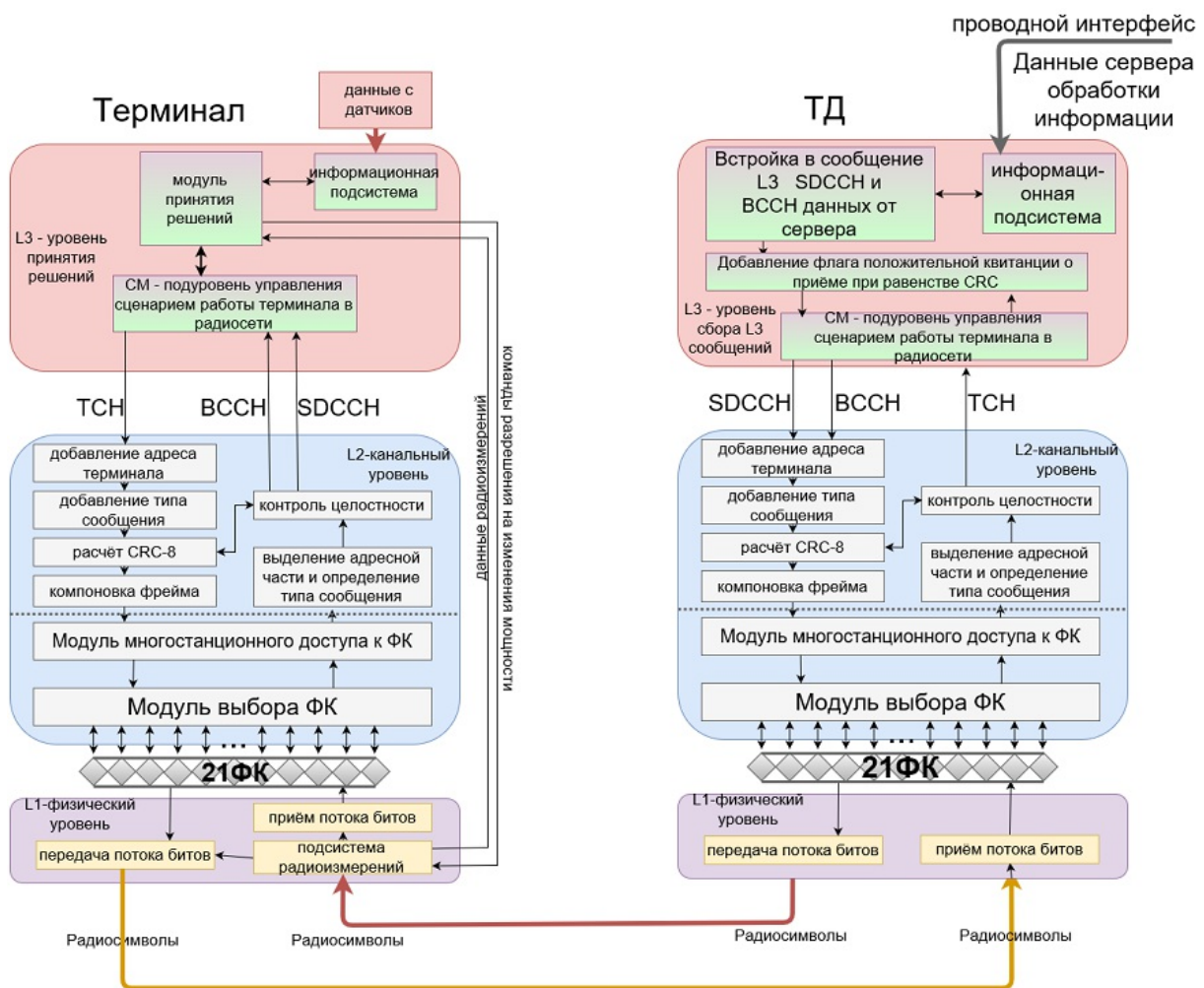


Рисунок 1 – иерархическая модель терминала сети.

Каждый уровень модели отвечает за выполнение своих задач, для обеспечения работоспособности сети в целом. Рассмотрим возлагаемые на каждый из уровней задачи, в рамках концепции разрабатываемой сети.

Уровень принятия решений L3 – предназначен для подготовки пакетов для КУ и для расшифровки сообщений L2 уровня используя для этого модуль принятия решений. На основе принятых сообщений, уровень L3 принимает решение о работе терминала в радиосети. В частности, на основе принятых данных L3 уровня и команд модуля принятия решений терминал начинает прослушивать BCCH, запускает процедуру передачи данных по алгоритму конкурентного доступа, переходит в режим Idle и выходит из него. Используя данные с датчиков, которые хранятся в информационной подсистеме, модуль принятия решений подготавливает пакеты трафика и передаёт их на КУ.

За алгоритм сценария работы терминала в радиосети отвечает подуровень управления сценарием работы терминала. Этот подуровень реализует команды модуля принятия решений и адаптирует их для работы терминала, как объекта радиосети. То есть отвечает за реализацию сценария взаимодействия Т с радиосетью, как ответа на сформированные команды модуля принятия решений.

Подуровень управления радиоресурсами и радиоизмерениями отвечает назначению и переназначению радиоканалов, управление мощности излучения терминала. Также потенциально мог отвечать за шифрование сообщений, но в данной работы мы откажемся от этой опции в связи с её ненужностью.

Канальный уровень L2 – предназначен для обеспечения адресной доставки сообщений, проверки целостности данных и приведению сообщений к единому стандарту в рамках функционирования терминала в сети. Для выполнения поставленных задач на L2 при приёме происходит группировка потоков битов в кадры, после чего происходит выделение принятой информации, в частности, выделяются поля адреса, типа сообщения. Далее, в соответствии с типом полученного/передаваемого сообщения, канальный уровень активирует соответствующий алгоритм декапсуляции/инкапсуляции данных. При передаче полям сообщений также добавляются адреса отправителя, тип сообщения, признак окончания сообщения, производится расчёт параметра для контроля целостности. Обеспечение идентичности полей L2-сообщения, необходимо для успешного приема сообщения на ТД. На канальном уровне реализуется также многостанционный алгоритм доступа к каналу связи, за который отвечает модуль принятия решений. Конкурентная борьба за канал связи осуществляется на основе метода TDMA, суть которого заключается в том, что терминал передаёт данные в один из десяти произвольных подканалов трафика.

Физический уровень L1 - реализует физическое соединение двух сетевых устройств по соединению точка - точка. В данной системе физический уровень предназначен для передачи потока данных от терминала к точке доступа и наоборот. Уровень отвечает за достоверную доставку потока битов с вероятностью ошибки не ниже $3 \cdot 10^{-6}$, за организации физических каналов TDMA. Конкретные его задачи рассмотрены в соответствующем разделе курсовой работы.

Разработка и описание блок-схемы алгоритма модели.

Разработка программных модулей передачи и приема сообщений канального уровня.

Разработанная программная модель соответствует элементу сценария в проектируемой радиосети и представлена на рисунке 2.

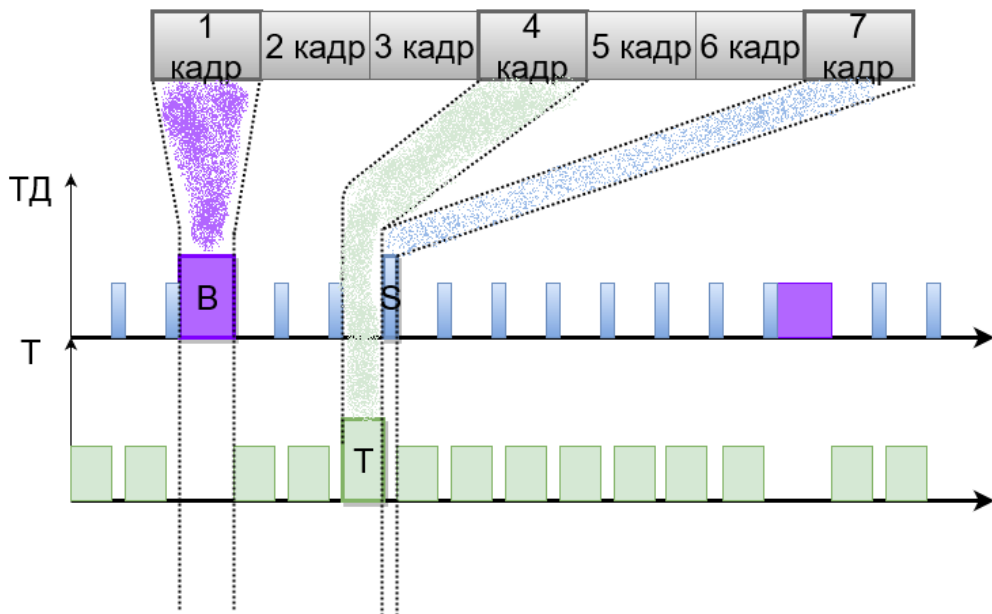


Рисунок 2 – сценарий работы сети, для разрабатываемой модели.

На рисунке показан один из двух возможных моментов начала прослушивания ВССН: либо терминал включился по команде микроконтроллера и перешёл из режима Idle в активный режим, либо продолжает передавать необходимое количество данных (10 сообщений трафика в пределах одной ТД) до момента, пока не передаст необходимое количество.

После обработки сообщения ВССН терминал получает необходимые данные для начала конкурентной передачи данных на ТД, а именно: ID своей сети, прошитой в памяти терминала; данные об уровне сигнала; флаг доступности сети. (Если какой то из данных параметров окажется «отрицательным», то Т опять будет прослушивать ВССН и извлекать из него информацию).

Отправив сообщение в 1 из 10 случайных временных слота Т ждёт ответа от ТД в течении 3 слотов. ТД, расшифровывая сообщение трафика, проверяет целостность L2-сообщения. (Если Т не получает ответа от ТД, он ждёт ещё 3 слота и продолжает отправлять сообщение трафика, пока не выиграет конкурентную борьбу и не получит сообщение с флагом о достоверности приёма).

В разрабатываемом программном модуле по умолчанию нет ошибок, отказов и все флаги имеют «положительные» значения.

Блок схему алгоритма приёма-передачи сообщения (рисунок 9 статьи [2]) изменим в соответствии с разрабатываемым программным модулем (рисунок 3).

Разрабатываемая программа будет содержать следующие программные модули:

1. Формирование и передача сообщения ВССН
2. Приём и расшифровка сообщений ВССН терминалом
3. Подготовка терминалом сообщения трафика и его отправка
4. Приём и анализ сообщений трафика точкой доступа
5. Отправка служебного сообщения SDCCH на терминал
6. Приём служебного сообщения терминалом, его анализ и принятие решения на основе принятого/не принятого сообщения.

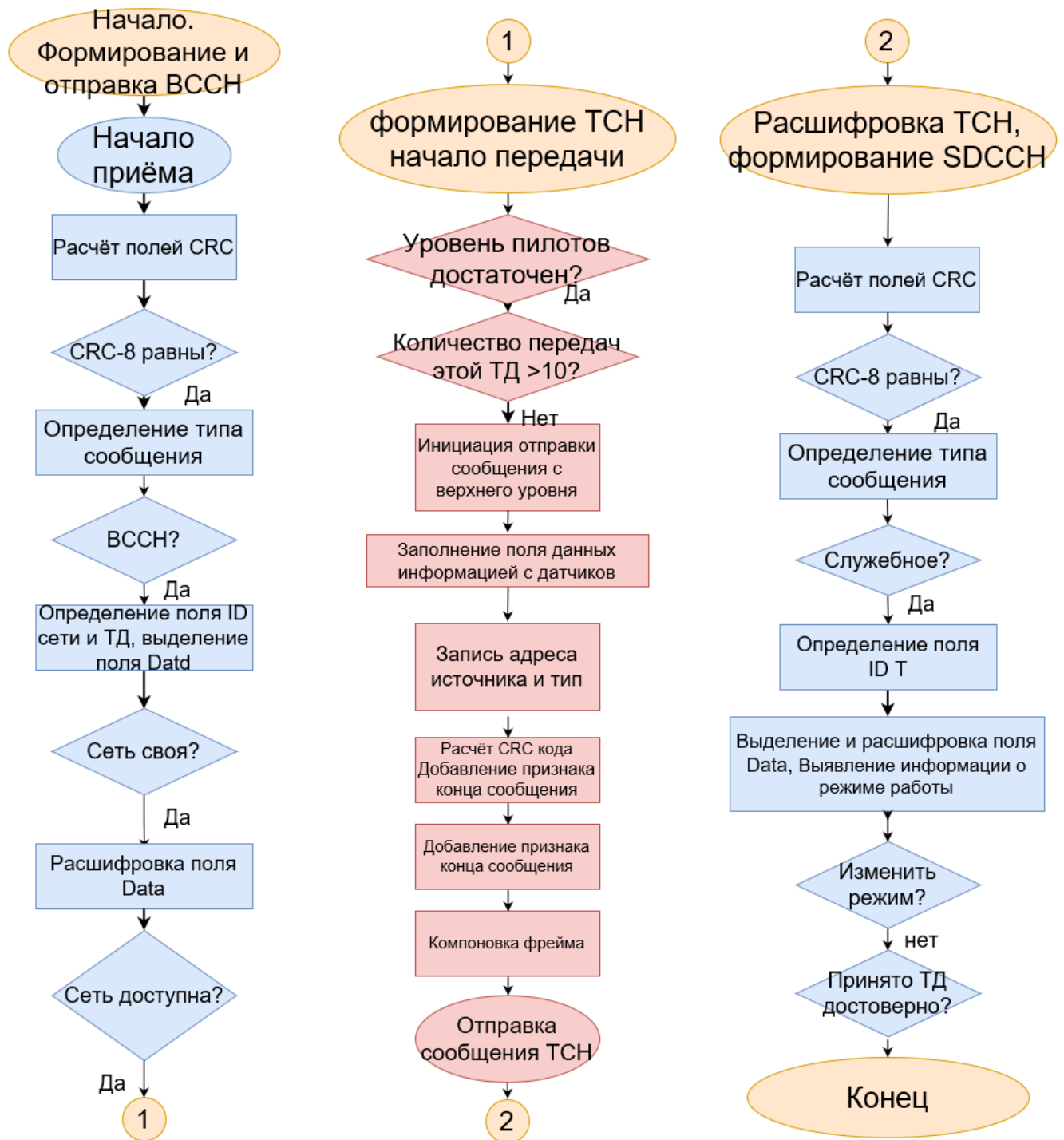


Рисунок 3 – блок схема приёма/передачи сообщений радиосети

Работа программы, представленной в этой статье, имитирует работу канального уровня терминала и уровня принятия решений. Ниже будут представлены фрагменты кода программы, отвечающие за конкретные задачи.

Листинг 1 – формирование/передача сообщения ВССН точкой доступа, приём и расшифровка ВССН сообщения терминалом.

Листинг 1.

```

%% Отправка сообщения ВССН точкой доступа
clc;
clear all;
% Определение структуры пакета L2
poly= [0 1 0 1 0 1 0 1]; % полином для расчета контрольной суммы
lenbcch=54; % длина сообщения L2 ВССН
len_bcch=28; % длина сообщения L3 ВССН

ID_NET=[1 1 1 1 1 1 1 0]; % ID сети
ID_TD =[0 0 0 0 0 1 1 1]; % ID ТД, которая раздаёт ВССН
TYPE=[0 0]; %поле указывающее на тип сообщения
  
```

```

%00-широковещательное сообщение
%01-сообщение управления
%11-сообщение трафика

% Создание сообщения L3 уровня
lenl2bcch=zeros(1,len_bcch); % заготовка нулевого вектора для записи
%фреймов
OK=[1 1]; %сеть доступна
left=[1 1 0 0 1]; %49 учатников из 100 ещё не прошли эту ТД
passed=[1 1 0 0 1 0]; %50 участников из 100 уже прошли эту ТД
data_L3=[OK left passed];
lenl2bcch(1:length(data_L3))=data_L3;
L3=lenl2bcch;% Сообщение сетевого уровня
disp('ТД: создание сообщения L3 BCCH точкой доступа завершено');
disp('ТД:L3 [сеть доступна; 49 участников впереди; 50 участников
позади]');

% Создание сообщения L2 уровня
IDNETWORK=ID_NET; % запись адреса сети
L2=[IDNETWORK TYPE ID_TD L3];%компоновка фрейма
% расчет CRC
crc=CRC(L2);
% сборка сообщения L2
l2transmit_BCCH=[L2 crc]; % сформированное сообщения
disp('ТД:создание сообщения L2 BCCH точкой доступа завершено');
disp('ТД:L2 [ID сети;тип:широковещательное;ID ТД;BCCH L3;CRC-8]');
disp(sprintf('ТД: L1 сообщение передано на терминалы от ТД в
структуре кадра\n'));
pause;

%%Приём сообщения BCCH терминалом

% Определение структуры пакета L2
ID_NET=[1 1 1 1 1 1 0]; % ID сети, прошитое в терминала
lencmd=54; % длина сообщения BCCH и SDCCCH, прошитое в терминале
lenbcch=28; % длина сообщения L3 BCCH
poly= [1 1 0 1 0 1 0 1]; % полином для расчета контрольной суммы
% Определение типов сообщений
bcch=[0 0]; % тип сообщения BCCH
sdcch=[0 1]; % тип сообщения служебное

% прием сообщения L2
l2receive_BCCH=l2transmit_BCCH; % Имитация приема сообщения
Addr1=l2receive_BCCH(1:8); % Выделение поля адреса сети
type=l2receive_BCCH(9:10); % Выделение типа
Addr2=l2receive_BCCH(11:18); %выделение поля адреса точки доступа

% Сравнение декодированного и принятого CRC
if type==bcch % Проверка типа сообщения
disp('Т: Принято широковещательное сообщение');
elseif type==sdcch % Проверка типа сообщения
disp('Т: Принято сообщение SDCCCH');
end
pause;
control_BCCH=l2receive_BCCH(1:46); %Выделение поля для проверки целостности
crc=l2receive_BCCH(47:54); %Выделение значения рассчитанной контрольной суммы

% Расчет CRC
CRCReceive_BCCH = CRC(control_BCCH); % Вызов функции расчета CRC
if crc == CRCReceive_BCCH % Проверка равенства контрольных сумм
disp('Т: Целостность сообщения BCCH сохранена');
else
disp('Т: Ошибка приема сообщения!!!');
end

if Addr1==ID_NET; % Проверка принадлежности принятого
%широковещательного сообщения к сети, в которой разрешена работа
disp('Т: Сеть своя');
else
disp('Т: Сеть не своя');
end

% Декапсуляция информационной части
data1=l2receive_BCCH(19:20); % Выделение L3 сообщения
if data1==[1 1];
disp('Т:Сеть доступна для передачи')
else
disp('Т:Сеть загружена,"жди следующего BCCH"');
end

%Формально, для верного принятия решений ещё должен быть модуль,
%подсчитывающий количество передач сообщение трафика
disp('Т: Вычислил, что количество передач этой ТД = 7, осталось 3 передачи!');
disp('Т: Вычислил, уровень сигнала BCCH достаточен для начала передачи!');

M=num2str(l2receive_BCCH(21:26));
M=bin2dec(M);
disp(sprintf('Т:Участников позади=%g',M));
K=num2str(l2receive_BCCH(27:32));
K=bin2dec(K);
disp(sprintf('Т:Участников впереди=%g',K));

% Обработка данных L2 уровня
%рассчитываем количество прошедших и оставшихся ТД (всего 100 ТД),
%предположим, что ID ТД это её порядковый номер

```

```

J=num2str(Addr2);
J=bin2dec(J);
disp(sprintf('T:Пройдено ТД=%g,осталось ТД=%g',J,100-J));

% L3 уровень получил данные с L1 уровня об уровне принимаемого сигнала ВССН
% и принимает решение о начале передачи сообщения трафика, формируя поле L3
% данными с измерительных датчиков терминала

disp(sprintf('T: Условия для передачи соблюдены, начинаю передачу сообщений
трафика на ТД\n'));
pause;
TCH; %переход в режим формирования и отправки сообщений трафика

```

Результатом работы этого модуля являются в том числе формирование сообщения ВССН L2 и L3 уровня.

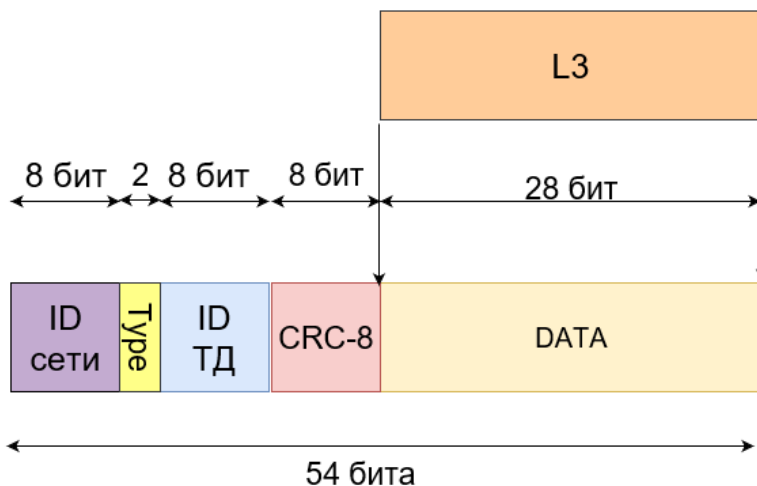


Рисунок 4 – сообщение ВССН L2 уровня, формируемое ТД.

Листинг 2 – формирование сообщения трафика, отправка его на ТД и анализ целостности этого сообщения точкой доступа (рисунок 5).

Листинг 2.

```

%% Формирование и отправка сообщения трафика от терминала
% Определение структуры пакета L2
poly= [0 1 0 1 0 1 0 1]; % полином для расчета контрольной суммы
lentch=74; % длина сообщения L2 TCH
len_tch=48; % длина сообщения L3 TCH
ID_T=[0 0 0 1 1 0 0 0 1 0];% 98 терминал

TYPE=[1 1]; %поле указывающее на тип сообщения
%00-широковещательное сообщение
%01-сообщение управления
%11-сообщение трафика

%% Создание сообщения L3 уровня
PULSE_CELOE=[0 1 1 1 0 0 0 0]; %данные пульса(целое число)112
PULSE_DROBNOE=[0 1 1 0 0 0 0 1]; %данные пульса(дробное число)0.38
PULSE=[PULSE_CELOE PULSE_DROBNOE]; %пульс
DAVLENIE_VERH=[1 0 0 0 1 1 0 0]; %уровень верхнего давления 140
DAVLENIE_NIZHN=[0 1 0 1 0 1 0 1]; %уровень нижнего давления 85
DAVLENIE=[DAVLENIE_VERH DAVLENIE_NIZHN]; %давление
SCOROST_CELOE=[0 0 0 1 1 0 0 1]; %показатель скорости(целое число)25
SCOROST_DROBNOE=[1 1 1 1 0 1 1]; %показатель скорости(дробное) 0.98
SCOROST=[SCOROST_CELOE SCOROST_DROBNOE]; %скорость
lenl2bcch=zeros(1,len_tch); % заготовка нулевого вектора для записи
%фреймов
TCH_L3=[PULSE DAVLENIE SCOROST];%сообщение сетевого уровня TCH
disp('T: создание сообщения трафика терминалом завершено');
disp('T: L3 [Пульс Давление Скорость]');

%% Создание сообщения L2 уровня
ID_T=[0 0 0 1 1 0 0 0 1 0]; % запись ID терминала
L2_TCH=[ID_T TYPE TCH_L3];%компоновка фрейма
%% расчет CRC
crc_TCH=CRC(L2_TCH);
%% сборка сообщения L2
END=[0 0 0 0 0 0];
traffic=[L2_TCH crc_TCH END]; % сформированное сообщения
disp('T:создание сообщения L2 TCH терминалом завершено');
disp('T: L2 [ID T;тип:трафика;TCH_L3;CRC-8;END]');
pause;
disp(sprintf('T: сообщение передано на ТД от терминала в случайный
временной слот кадра\n'));
pause;

%% Принятие сообщения трафика точкой доступа

```

```

traffic_rec=traffic; % Имитация приема сообщения трафика точкой доступа
Addr1=traffic_rec(1:10); % Выделение поля ID T
type=traffic_rec(11:12); % Выделение типа
if type==TYPE; % Проверка типа сообщения
disp('ТД: Принято сообщение трафика');
else type==service;%если в слоте канала трафика ТД принято не сообщение
трафика,
%значит произошла коллизия
disp('ТД: Коллизия');
end

control_TCH=traffic(1:61); %Выделение поля для проверки целостности
crc=traffic(62:69); %Выделение значения рассчитанной контрольной суммы

%% Расчет CRC
CRCReceive = CRC(control_TCH); % Вызов функции расчета CRC

% Сравнение декодированного и принятого CRC

if crc == CRCReceive % Проверка равенства контрольных сумм
disp('ТД: Сообщение трафика целостно');
else
disp('ТД: Ошибка приема сообщения!!!');
end
pause;
SDCCH;

```

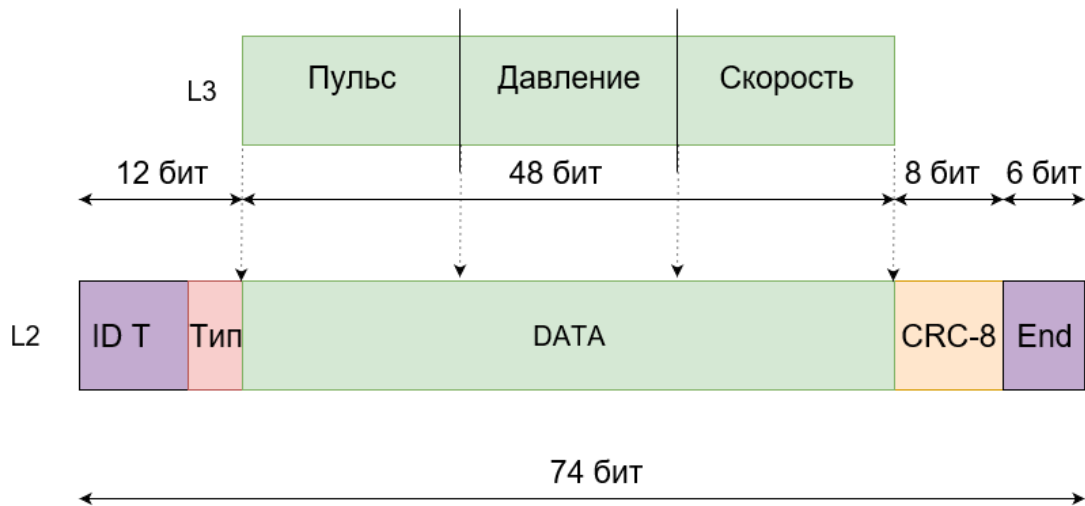


Рисунок 5 – сообщение трафика L2 уровня, которое сформирует Т.

Листинг 3 – формирование служебного сообщения SDCCH точкой доступа, отправка его на терминал, расширение служебного сообщения терминалом и принятие решения на режим работы терминала.

Листинг 3.

```

%% Создание служебного сообщения от точки доступа, о результате приёма
%сообщения трафика
% Определение структуры пакета L2
poly= [0 1 0 1 0 1 0 1]; % полином для расчета контрольной суммы
lenservice=26; % длина сообщения L2 служебное
len_service=8; % длина сообщения L3 служебное

ID_T=[0 1 1 0 0 0 1 0]; % ID Терминала, которому есть служебное сообщение
TYPE_SDCCH=[0 1]; % поле указывающее на тип сообщения SDCCH
bcch_1=[0 0];
%00-широковещательное сообщение
%01-сообщение SDCCH
%11-сообщение трафика

% Создание сообщения L3 уровня ТД
len12bcch=zeros(1,len_service); % заготовка нулевого вектора для записи
%фреймов
FLAG=[1 1 1 1];
%флаг-4 бита-, в котором ТД сообщает терминалу, совпала ли контрольная
%сумма - 1 1 1 1 или нет - 0 0 0 0.

MODE=[1 1 1 1];%поле «Режим работы» - 4 бит - сообщает терминалу
%информацию о том, какой режим работы необходимо активировать. Принимаем:
%1111 - терминал продолжает работать в обычном режиме передачи сообщений
трафика.
%1110- показатели здоровья подходят к критическому уровню.

```



```

%При этом на экране периодически высвечивается: «Показатели здоровья
ухудшаются».
%1100 – показатели здоровья на критическом уровне, но тренер участника принял
решения
%продолжать соревнования. На экране появляется: «Показатели
критические. Продолжать соревнование».
%1000 – показатели здоровья на критическом уровне, тренер принял решение
завершить соревнования.
%Терминал издаёт звонкий сигнал, оповещая участника соревнований о том,
что необходимо их закончить. Экран моргает красным светом.
%0000 – во время соревнований произошло ЧП и принято решение об их остановке.
%На экране высвечивается сообщение ЧП, издаётся громкий сигнал
оповещения.
L3_service=[FLAG MODE];
disp('ТД: создание служебного SDCCH сообщения L3 точкой доступа
завершено');
disp('ТД: L3 [флаг достоверности приёма точной доступа; флаг режима
работы терминала]');

% Создание сообщения L2 уровня
L2_service=[ID T TYPE_SDCCH L3_service];%компоновка фрейма
% расчет CRC
crc_service=CRC(L2_service);
% сборка сообщения L2
l2service=[L2_service crc_service]; % сформированное сообщения
disp('ТД:создание сервисного сообщения L2 точкой доступа завершено');
disp('ТД L2:[ID T;тип:служебное;L3_SDCCH;CRC-8]');
disp(sprintf('ТД: сообщение передано на конкретный терминал от ТД в
структуре кадра\n'));

pause;

%% Принятие служебного сообщения терминалом

mode=l2service; % Имитация приема сообщения трафика точкой доступа
Addr1=mode(1:8); % Выделение поля ID T
type=mode(9:10); % Выделение типа
if type==bcch 1; % Проверка типа сообщения
disp('Т: Принято широкополосное сообщение');
elseif type==TYPE_SDCCH;
disp('Т: Принято сообщение SDCCH');
else type==[1 1],[1 0];
disp('Т: ТД не приняла сообщение SDCCH, переход в модуль BCCH');
end

pause;
control_mode=mode(1:18); %Выделение поля для проверки целостности
crc=mode(19:26); %Выделение значения рассчитанной контрольной суммы

% Расчет CRC
CRCmode = CRC(control_mode); % Вызов функции расчета CRC

% Сравнение декодированного и принятого CRC
if crc == CRCmode % Проверка равенства контрольных сумм
disp('Т: Сообщение SDCCH целостно');
else
disp('Т: Ошибка приема сообщения SDCCH, переход в модуль BCCH!!!');
end

% Декапсуляция информационной части служебного сообщения
mode_L3=mode(11:18); % Выделение L3 сообщения

I=mode(11:14);%поле флага о результате приёма точкой доступа сообщения TCH
V=mode(15:18);%поле, определяющее режим работы и индикации терминала
if I==[1 1 1 1], V==[1 1 1 1];
disp('Т:ТД приняла сообщение без ошибок,продолжать нормальный режим
работы');
else
disp('Изменить режим работы T в соответствии с принятым сообщением');
end;

disp('Осуществляем переход либо в режим Idle, на время ti');
%ti-время, которое рассчитывает модуль принятия решения

```

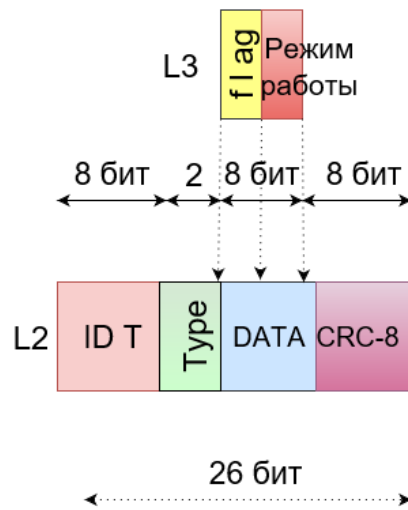



Рисунок 6 – структура сообщения SDCCH L2 уровня, которое сформирует ТД.

В результате выполнения, программа выполнит определённые задачи и сформирует уведомления об их выполнении. Если изменять инициализирующие параметры, вид уведомлений изменится.

ТД: создание сообщения L3 ВССН точкой доступа завершено

ТД:L3 [сеть доступна; 49 участников впереди; 50 участников позади]

ТД: создание сообщения L2 ВССН точкой доступа завершено

ТД:L2 [ID сети; тип: широковещательное; ID ТД;ВССН_L3;CRC-8]

ТД: L1 сообщение передано на терминалы от ТД в структуре кадра

Т: Принято широковещательное сообщение

Т: Целостность сообщения ВССН сохранена

Т: Сеть своя

Т:Сеть доступна для передачи

Т: Вычислил, что количество передач этой ТД = 7, осталось 3 передачи

Т: Вычислил, уровень сигнала ВССН достаточен для начала передачи

Т:Участников позади=49

Т:Участников впереди=50

Т:Пройдено ТД=7,осталось ТД=93

Т: Условия для передачи соблюдены, начинаю передачу сообщений трафика на ТД

Т: создание сообщения трафика терминалом завершено

Т: L3 [Пульс Давление Скорость]

Т:создание сообщения L2 ТСН терминалом завершено

Т: L2 [ID Т;тип:трафика;ТСН_L3;CRC-8;END]

Т: сообщение передано на ТД от терминала в случайный временной слот кадра

ТД: Принято сообщение трафика

ТД: Сообщение трафика целостно

ТД: создание служебного SDCCH сообщения L3 точкой доступа завершено

ТД: L3 [флаг достоверности приёма точной доступа; флаг режима работы терминала]

ТД:создание сервисного сообщения L2 точкой доступа завершено

ТД L2:[ID T;тип:служебное;L3_SDCCH;CRC-8]

ТД: сообщение передано на конкретный терминал от ТД в структуре кадра

T: Принято сообщение SDCCH

T: Сообщение SDCCH целостно

T:ТД приняла сообщение без ошибок,продолжать нормальный режим работы

Осуществляем переход либо в режим Idle, на время t_i

P.s. Для запуска программы, необходимо сохранить 4 прикрепленных файла в рабочей директории и запустить на выполнение файл с названием ВССН.т. Чтобы продолжить шаги выполнения программы, необходимо нажать любую кнопку.

Список используемых статей:

1. <http://omoled.ru/publications/view/994>
2. <http://omoled.ru/publications/view/995>
3. <http://omoled.ru/publications/view/839>
4. <http://omoled.ru/publications/view/856>
5. <http://omoled.ru/publications/view/320>



Статья опубликована на сайте Omoled.ru - Образовательные сообщества
Ссылка на статью: <http://omoled.ru/publications/view/996>