

# Радиосеть передачи данных. Часть 2. Физический уровень (исправленный)



Dmitriiy, 10 января 2017г.

## **1.6. Обоснование и подробное описание задач, выполняемых на физическом уровне. Проработка вопросов, связанных с обеспечением синхронизации сетевых устройств на физическом уровне.**

*Физический уровень* - нижний уровень модели, основная задача которого – достоверная передача потока битов, поступающего с верхнего, канального уровня, посредством радиоканала физическому уровню другого узла сети.

Проведем оценку полного трафика системы.

Для использования логических каналов управления, например – BCCH, SACCH выделяются отдельные физические каналы.

### **1.6.1. Анализ и обоснованный выбор мер по защите физического уровня от многолучевости.**

Для борьбы с многолучевостью может использоваться выравнивание характеристик канала на приемной стороне. Использование методов, собирающих рассеянную энергию символа в ее исходный временной интервал позволит избавиться от проблем многолучевости. Поскольку в мобильных системах характеристика канала меняется со временем, выравнивающий фильтр должен изменяться или приспосабливаться к нестационарным характеристикам канала. В проектируемой системе будем использовать фильтр – эквалайзер. Для его работы необходимо наличие обучающей последовательности, следовательно в структуре сообщения физического уровня будем учитывать поле настройки фильтра эквалайзера.

### **1.6.2. Пояснение способа реализации проведения радиоизмерений на физическом уровне.**

Терминал производит радиоизмерения сигнал/шум во время приема сообщений. Физический уровень, измерив эту величину, отправляет информацию на L3, где сравниваются с пороговым значением. После чего, сетевой уровень отправляет на L1 информацию о мощности сигнала, требуемой для качественной передачи, и в сообщении L3 записывает передаваемый параметр. Таким образом, терминал принявший сигнал, распаковав сообщение L3, определяет уровень мощности, с которым сигнал был передан терминалом-передатчиком, а информация, полученная со службы L1 предоставляет возможность сравнить заявленную мощность с полученной и на основании чего получить данные о наличии/отсутствии препятствий, на пути прохождения радиосигнала.

### **1.6.3. Проработка структуры радиointерфейса L1-уровня, обеспечивающего двусторонний обмен пакетами физического уровня. Проработка профилей физического уровня и сценария их выбора. Определение типов пакетов физического уровня, обоснование структуры полей пакетов каждого типа, оценка размеров полей.**

В нашей сети используется 4 физических канала:

- 1-й канал для передачи BCCH.
- 2-й канал для передачи SACCH.
- 3-й канал для передачи трафика.
- 4-й канал для ретрансляции трафика.

В работе используются два профиля передачи данных: BPSK и QAM-16.

BPSK – используется для передачи служебных сообщений, для обеспечения высокой достоверности передаваемых сообщений.

QAM-16 - используются для передачи трафика для обеспечения высокой скорости.

Количество бит на символ различно в зависимости от выбранного профиля: для BPSK-1 бит на символ, а для QAM-16-4 бит на символ.

Поле данных необходимо для непосредственной передачи трафика или команд управления.

FEC (блок избыточных разрядов) для исправления ошибок в процессе передачи.

В работе системы присутствует эквалайзер, значит, имеет место быть поле настройки фильтра эквалайзера.

Так же в структуре пакета присутствуют флаги начала, конца пакета FL.

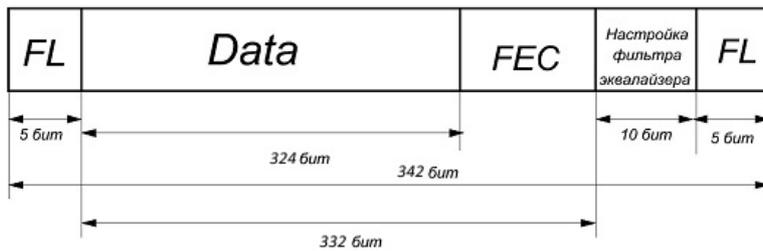


Рисунок 1 – Общий вид структуры пакета физического уровня.

Соответственно, для QAM-16 информационная часть после кодирования будет состоять минимум из  $342 \cdot 2/4 = 171$  символов, а для BPSK из  $342 \cdot 2 = 684$  символов.

1.6.4. Пояснение способа обеспечения частотной и временной синхронизации.

В нашей системе частотная и временная синхронизация обеспечивается широкополосным каналом ВССН см. пункт 1.5.2

1.6.5. Оценка пропускной способности физического канала связи с учетом избыточности, вносимой на L1-уровне. Оценка требуемых частотных ресурсов.

Исходя из п.1.5.8 требуемая пропускная способность физического канала приблизительно равна 0,98 Мбит/с.

С учетом внесенной избыточности на обслуживание каналов ВССН и САСН требуется:

$((342) \cdot 50) + 60 = 17160$  [бит]- на обслуживание канала ВССН

$((342) \cdot 50) + 60 = 17160$  [бит]- на обслуживание канала САСН

С учетом внесенной избыточности на обслуживание каждого канала трафика требуется:

$409600/324 \cdot 342 = 432356$  [бит]

С учетом помехоустойчивого кодирования со скоростью  $1/2$ , пропускная способность должна быть увеличена вдвое. Таким образом, пропускная способность физических каналов должна быть не менее:

$17160 \cdot 2 = 34320$  [бит/с]- на обслуживание канала ВССН

$17160 \cdot 2 = 34320$  [бит/с] - на обслуживание канала САСН

$432356 \cdot 2 = 864712$  [бит/с]- на обслуживание канала трафика

общая пропускная способность каналов трафика:

$864712 + 34320 + 34320 + 864712 = 1798064$  [бит/с]

Необходимую минимальную полосу можно рассчитать по формуле:

$\Delta f_1 = R / \log_2 n = 34320 / \log_2 4 = 17,2$  КГц - для каналов с BPSK модуляцией

$\Delta f_2 = R / \log_2 n = 864712 / \log_2 16 = 0,22$  МГц - для каналов с 16QAM модуляцией

Следовательно  $\Delta f = 2(\Delta f_1 + \Delta f_2) = 0,48$  МГц

1.6.6. Обоснованный выбор частотного диапазона (на основании документов ГКРЧ); аргументированный выбор

модели оценки потерь при распространении радиоволн выбранного диапазона, расчет уровня потерь.

В соответствии с приложением «Инструкции о порядке регистрации и эксплуатации любительских радиостанций»: полоса частот 1260-1300 МГц может использоваться любительской службой с мощностью передатчика до 5 Вт на вторичной основе. Ширина используемого канала 0,48 МГц. В соответствии с «Приложением к решению ГКРЧ от 10 марта 2011 г. №11-11-03» уточним выбранный диапазон: 1279 1280– 1281 МГц, предназначенный для всех видов модуляции и использования с уровнем излучаемой мощности до 5 Вт.

Принято решение выбрать диапазон УВЧ, потому что распространение волн данного типа возможно только в пределах прямой видимости, практически полностью отсутствуют явления интерференции волн, следовательно, искажения сообщений. Так же важным преимуществом для данного диапазона является использование антенн малых размеров.

Уровень потерь можно найти по формуле:  $L=20\log_{10}(4\pi D/\lambda)=20\log_{10}(4*3,14*80/0,23)= 72,80$  дБ, где D – расстояние между приемником и передатчиком, м;  $\lambda$  – длина волны, м.

Для оценки потерь внутри помещения лучше подойдет модель ПУ–R-1238, которая учитывает потери при многократном прохождении сигнала через пол, что позволяет предусмотреть такие характеристики, как повторное использование частоты на различных этажах здания.

$$L_{total} = 20 \log_{10} f + N \log_{10} d + L_f (n)$$

N=28 – Дистанционный коэффициент потерь мощности.

f – Частота (МГц).

d – Расстояние разнесения (м) между базовой станцией и переносным терминалом (где  $d > 1$  м).

Lf – Коэффициент потерь за счет прохождения сигнала через пол (дБ).

n – Максимальное количество этажей между точкой доступа и терминалами ( $n > 1$ )

Пусть  $n=3$ , тогда  $L_f=27$ .

$$L_{total} = 130,503 \text{ дБ}$$

Расчет представлен в курсовом проекте: <http://omoled.ru/publications/view/613>

### 1.6.7. Расчет отношения сигнал/шум, требуемого для обеспечения заданной вероятности битовой ошибки для выбранного вида и типа модуляции/демодуляции. Обоснование выбора метода помехоустойчивого кодирования, перемежения/деперемежения, расчет эффективности кодирования. Коррекция данных расчета отношения сигнал/шум с учетом метода помехоустойчивого кодирования. Окончательная оценка требуемых частотных ресурсов.

По техническому заданию вероятность ошибки на бит  $P_b: 10^{-6}$ . Мы используем модуляции 16QAM и BPSKOCШ при заданной вероятности ошибки должно быть не менее 10,75 дБ для 16QAM и 7,577 дБ для BPSK.

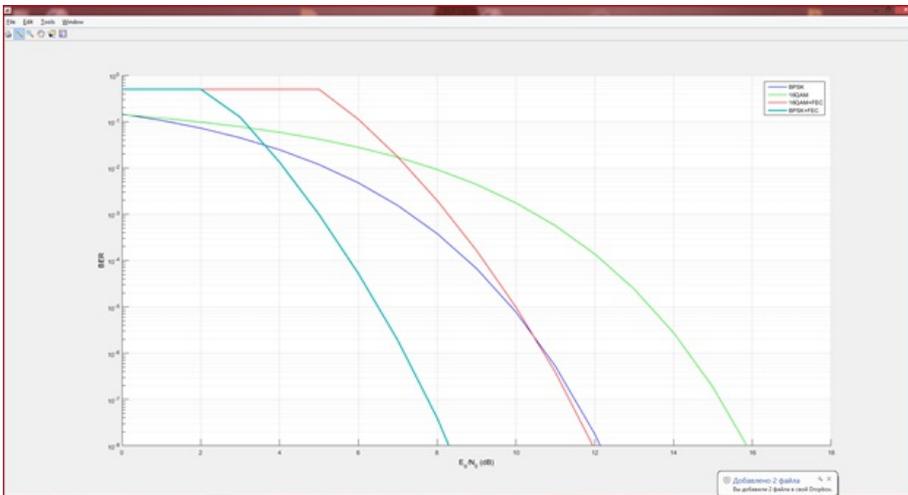


Рисунок 2 – определение площади уверенного приема

1.6.8. Оценка уровня мощности передачи с учетом необходимого запаса мощности сигнала для его уверенного приема с вероятностью PR % на границе радиопокрытия, оценка размера зоны радиопокрытия.

Исходя из предыдущих пунктов получаем:

Для 16-QAM:

Осш  $E_b/N_0 = 10,75$  дБ;

Коэффициент усиления передающей антенны  $G_T=2$  дБ;

Коэффициент усиления принимающей антенны  $G_r=2$  дБ;

Затухания в канале связи  $L = 130$  дБ;

Необходимая минимальная полоса  $\Delta f=0,22$  МГц;

Скорость передачи данных после кодирования  $R = 8647126$  бит/с;

Шумы каскадов:  $N_k = 2$  дБ;

Постоянная Больцмана:  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К;

Шумовая температура (нормальные условия):  $T = 296$  К.

Шумовая полоса одного канала:  $\Pi_{ш} = \Delta f \cdot 1,1 = 0,22 \cdot 1,1 = 0,242$  МГц

Мощность шума:  $P_{ш} = k \cdot T \cdot \Pi_{ш} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 296 \cdot 0,242 \cdot 10^6 = 0,98 \cdot 10^{-16}$  Вт = -160 дБ

Аналоговое отношение сигнал/шум:  $C/N = (E_b / N_0) + 10 \log(R / \Pi_{ш}) = 10,75 + 10 \log(8647126 / 0,242) = 16,9$  дБ

Чувствительность приемника:  $R_{прм} = P_{ш} + N_k + C/N = -160 + 2 + 16,9 = -141,1$  дБ =

$= 7,76 \cdot 10^{-15}$  Вт

Мощность передачи по одному каналу трафика:  $R_{изл} = R_{прм} + L - G_T - G_r = -140,143 + 103,5 - 2 - 2 = -37,37$  дБ

$= 0,17$  мВт

Для BPSK:

Осш  $E_b/N_0 = 7,577$  дБ;

Коэффициент усиления передающей антенны  $G_T=2$  дБ;

Коэффициент усиления принимающей антенны  $G_r=2$  дБ;

Затухания в канале связи  $L = 103,5$  дБ;

Необходимая минимальная полоса  $\Delta f=17,2$  КГц;

Скорость передачи данных после кодирования  $R = 34320$  бит/с;

Шумы каскадов:  $N_k = 2$  дБ;

Постоянная Больцмана:  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К;

Шумовая температура (нормальные условия):  $T = 296$  К.

Шумовая полоса одного канала:  $\Pi_{ш} = \Delta f \cdot 1,1 = 17,2 \cdot 1,1 = 18,92$  КГц

Мощность шума:  $P_{ш} = k \cdot T \cdot \Pi_{ш} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 296 \cdot 18,92 \cdot 10^6 = 7728 \cdot 10^{-17}$  Вт = -131 дБ

Аналоговое отношение сигнал/шум:  $C/N = (E_b / N_0) + 10 \log(R / \Pi_{ш}) = 7,577 + 10 \log(34320 / 18920) = 10,2$  дБ

Чувствительность приемника:  $R_{прм} = P_{ш} + N_k + C/N = -131 + 2 + 10,2 = -118,8$  дБ =  $1,3 \cdot 10^{-12}$  Вт

Мощность передатчика по одному каналу управления:  $R_{изл} = R_{прм} + L - G_T - G_r = -118,8 + 103,5 - 2 - 2 = 19,3$  дБ =

$0,0117$  Вт

Мощность передатчика:

$$P_{изл} = 0,0117 \cdot 2 + 0,000017 \cdot 2 = 0,024 \text{ Вт}$$

Оценим область уверенного приема в 75% точек. Для этого воспользуемся формулой:

В таблице функций Лапласа найдем значение, ближайшее к  $((100 - 75) / 100) = 0,25$  и получим  $W = 0,68$ . Примем  $\sigma = 10$  и  $n = 5$ , так как наша сеть мобильна и может находиться в плотной городской застройке.

По графику на рисунке 7 мы определяем искомое значение  $r_{75}$

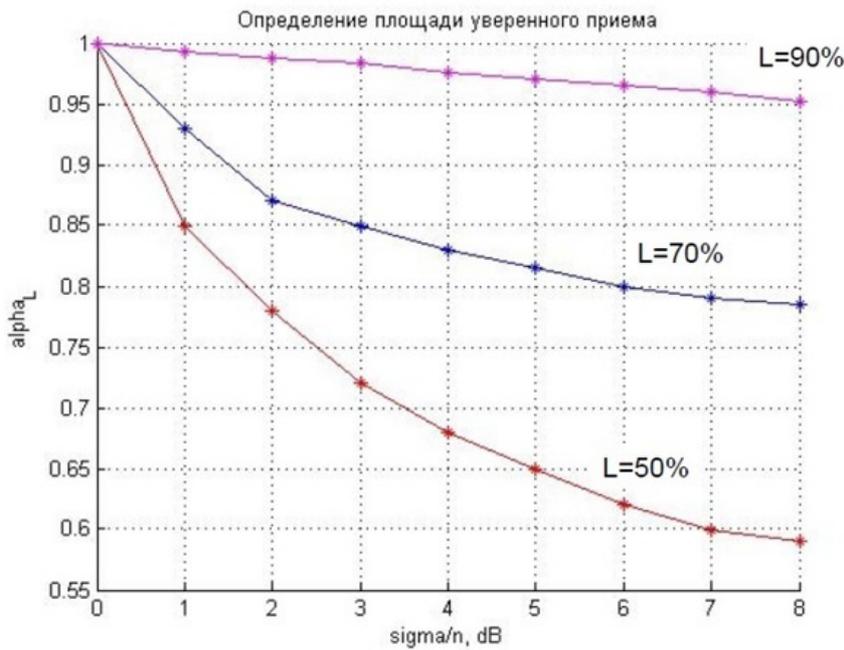


Рисунок 3 – определение площади уверенного приема

Примем  $\sigma = 10$  – дисперсия по месту,  $n = 5$  – коэффициент потерь.

Имея отношение  $\sigma/n=2$  получаем  $r_{50}=78$ .

Тогда область радиопокрытия в 75% точек:

$$R_{75} = 10^{(-W\sigma / 10n)} \cdot r_{50} = 10^{(-6,8 / 50)} \cdot 0,78 = 0,57 \text{ км} - \text{ что соответствует ТЗ.}$$

### 1.6.9. Построение блок-схем алгоритмов приема/передачи сообщений физического уровня.

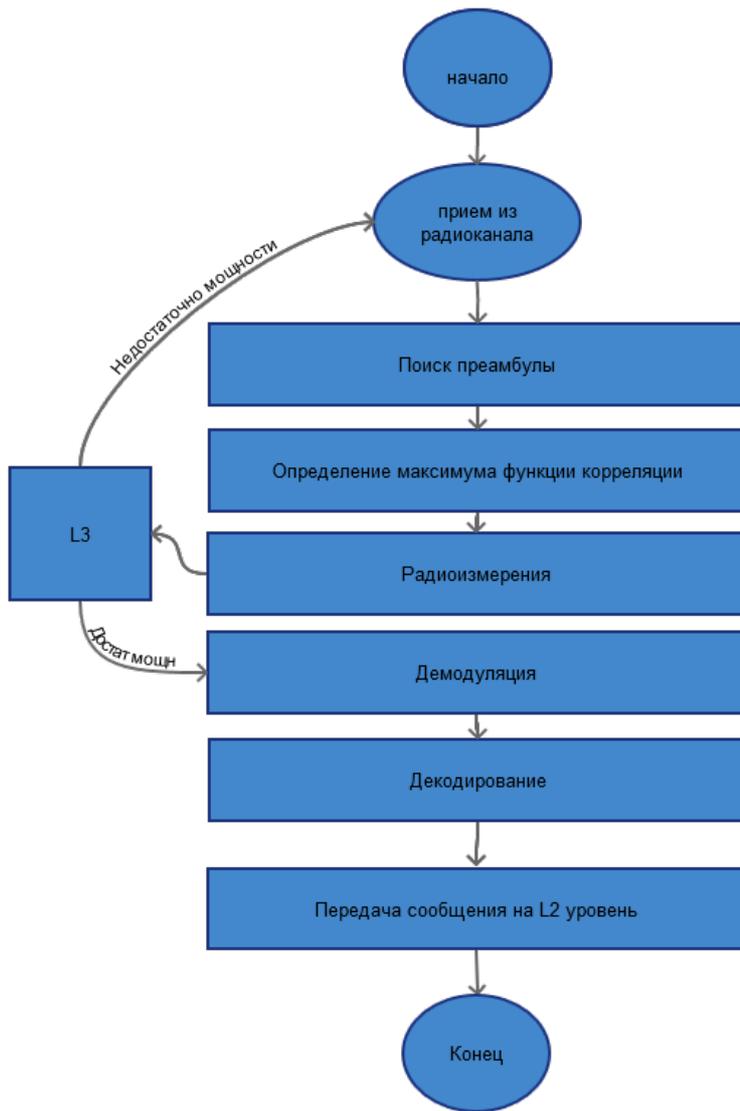


Рис.4- Алгоритм приёма сообщений

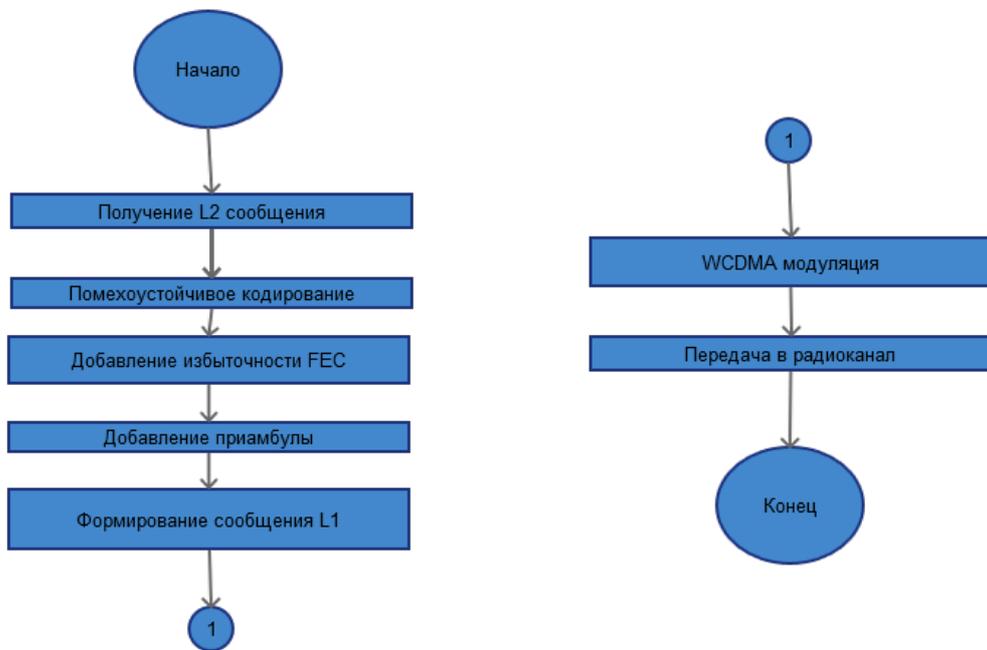


Рис.5- Алгоритм передачи сообщений

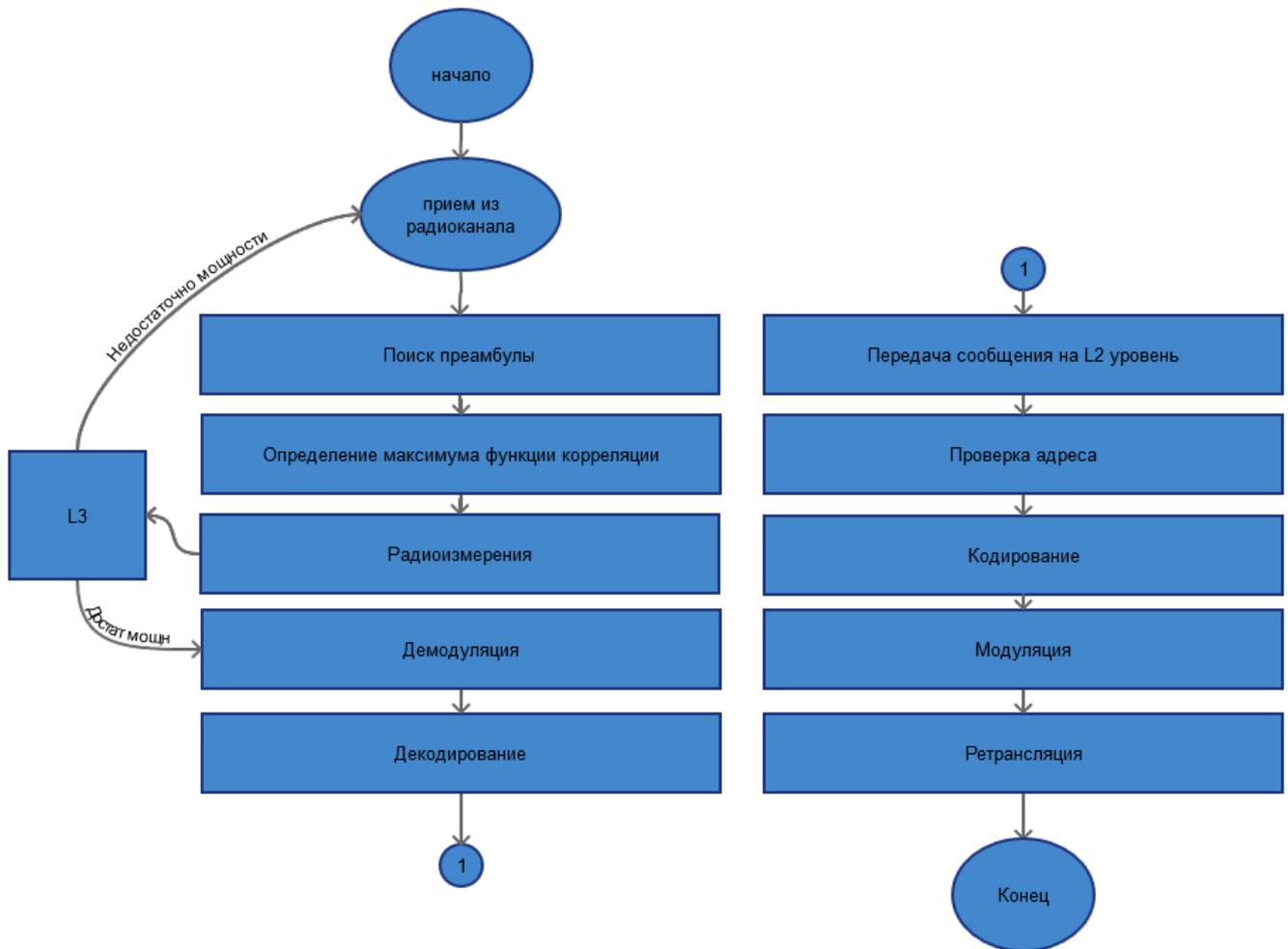


Рис.6- Алгоритм ретрансляции сообщений

**Используемая литература:**

1. Бакке А. В. "Лекции по курсу: Системы и сети связи с подвижными объектами".

2. Статьи с сайта Omoled.ru:

<http://omoled.ru/publications/view/447>

<http://omoled.ru/publications/view/950>

<http://omoled.ru/publications/view/931>

<http://omoled.ru/publications/view/1019>

<http://omoled.ru/publications/view/613>

<http://omoled.ru/publications/view/603>

3. [http://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/CIS/Documents/Events/2014/03\\_Moscow/Session\\_2\\_Lokhvitsky.pdf](http://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/CIS/Documents/Events/2014/03_Moscow/Session_2_Lokhvitsky.pdf)

