

# Радиосеть сбора данных. Часть 3(исправленная)

Мария Калюшина, 28 марта 2019г.

## 3. Разработка канала передачи данных (L2).

3.1. Задачи службы передачи данных канального уровня: пояснение механизма обработки информационных и служебных сообщений на L2 уровне (подготовка к доставке сообщений: фрагментация/дефрагментация сообщений, нумерация блоков данных L2 уровня, обеспечение целостности и определение назначения блоков и т.п.). Характеристика служебного и информационного трафика, поступающего на L2 уровень.

На канальном уровне существует служба обмена информационными сообщениями, которая обеспечивает реализацию взаимодействия терминалов с ТД для доставки информационных сообщений от датчиков к системе сбора данных в ТД. Таким образом, задачей является доставка информационных сообщений множества терминалов внутри сети.

Служба обмена служебными сообщениями реализует взаимодействие ТД с Т для управления действиями терминалов. Реализует передачу адресных сообщений только в одном направлении – направлении к Т.

Служба старта и синхронизации – обеспечивает начало работы Т, находящихся в зоне радиопокрытия ТД и синхронизацию по времени, частоте и чувствительности приемников.

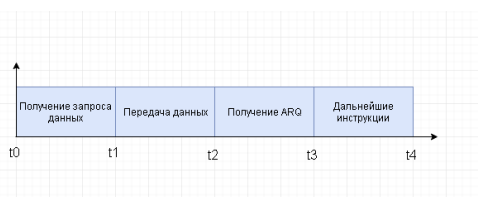
3.2. Выделение типов сообщений L2 уровня, анализ их атрибутов (адресные/широковещательные, уведомительные или требующие обязательного ответа/шифрования, служебное/информационное и т.п.). Обоснование гарантированной/негарантированной доставки указанных видов сообщений.

Сообщения L2 уровня могут быть широковещательными и адресными. Широковещательные сообщения передаются в прямом направлении (от ТД к Т) и содержат информацию о ТД.

Адресными сообщениями будут являться сообщения трафика и управления. Сообщения трафика передаются в направлении от Т на ТД и требуют обязательного ответа о получении ТД. К сообщениям управления отнесем уведомления о принятии сообщений, о низком уровне сигнала и т.д. Таким образом, сообщения трафика – адресные информационные сообщения, требующие обязательного ответа – сообщения уведомления. В случае приема сообщений с ошибками ТД формирует запрос на повторную передачу (ARQ) каждого ошибочно принятого пакета, содержащие номера данных пакетов.

3.3. Обоснованный выбор алгоритма доступа к канальным (физическим) ресурсам, пояснение структуры физических ресурсов. Описание стратегии планирования распределения канальных ресурсов. Анализ предлагаемого алгоритма доступа к ресурсам на предмет возникновения коллизий и пояснение решения по их устранению.

Множественного доступа в сети не предусмотрено в силу того, что ТД, выполняющий сбор информации знает, какие терминалы находятся в зоне его радиопокрытия и выполняет целевой опрос в соответствии с текущим списком терминалов. Поэтому для доступа к физической среде при передаче данных будет использоваться метод запроса на передачу. При такой организации сети канальный ресурс используется максимально эффективно, т. к. в сети терминалы будут находиться только тогда, когда это потребуется, а всё остальное время будут спать. Помимо этого, будет использоваться временное разделение каналов - в определенные моменты времени только один из терминалов будет иметь полный доступ к физической среде.



Организация доступа к физическому каналу

t0 – момент времени, когда ТД формирует запрос данных терминалу после того, как достигла точки маршрута, сформировала списки доступных терминалов, зная свои собственные координаты.

Причиной возникновения коллизий могут стать помехи в условиях городской застройки. Устранить эту проблему возможно использованием системы повышенной помехозащищенности на уровне применения радиосигналов с расширенным спектром.

3.4. Проработка видов логических каналов (ЛКС) L2 уровня, оценка пропускной способности ЛКС в обоих направлениях (свести в таблицу). Формирование правила распределения физических ресурсов между ЛКС (п.3.2).

Будут задействованы следующие логические каналы связи (ЛКС):

- 1) CCCH – общий канал управления, по которому передается запрос данных от ТД к Т.
- 2) TCH – канал, служащий для передачи данных в нашем случае от Т к ТД, а также для передачи ACK-, NAK - сообщений и сообщения, содержащего дальнейшие указания терминалу.
- 3) SDCCCH - канал управления, передает команды для старта.
- 4) SACCH- канал управления для синхронизации терминалов.

Обмен данными по радиоинтерфейсу осуществляется по запросу. Как было сказано ранее, мы используем временное разделение каналов. Время доступа к физическому каналу разделено на интервалы, так называемые тайм-слоты, которые следуют друг за другом по очереди. В каждый такой тайм-слот одно из устройств имеет полный доступ к среде передачи данных. Тайм - слоты сгруппированы в кадр, в пределах которого осуществляется синхронизация сети, "диалог" точка сбора данных и терминала, а также сама передача данных.

Таблица 1. Сводная таблица ЛКС.

Наименование	Назначение	Пропускная способность
CCCH	передается запрос данных от ТД к Т.	5%
SDCCCH	команды для старта	3%
SACCH	Синхронизация терминалов	3%
TCH	Передача подготовленного сообщения в сеть	89%

3.5. Пояснение назначения и размерности полей сообщений канального уровня.

Сообщения канального уровня могут предназначаться конкретному терминалу, либо быть адресованы всем терминалам сети данной ТД. Для этого пакет канального уровня в своем составе имеет поле «Тип сообщения», значение которого может быть либо равно 0, либо равно 1. Если оно установлено в 1, то сообщение отправляется определенному терминалу, если же он установлен в 0, то сообщение является широковещательным.

- 1) Служебное сообщение, передающееся по каналу CCCH будет содержать в себе:
  - адрес терминала;
  - метка о типе сообщения (1 – служебное);

- код команды (111 – передай данные);
- Поле CRC – контроль целостности пакета.

Адрес	Тип	Код	Нули	CRC
8	1	3	33	12

**57 бит**

Рис.1 Структура сообщения-запроса

Это сообщение посылается ТД для запроса данных от терминала. 33 бит сообщения заполняется нулями для сохранения одинаковой длины пакета L2.

- 2) Информационное сообщение, передающееся по каналу TCH будет содержать в себе следующие поля:
- адрес терминала (ТД по очереди обращается к каждому терминалу из списка);
  - пометка о типе сообщения (0 – сообщение трафика);
  - номер передаваемого пакета (для возможности переслать пакет, пришедший с ошибкой);
  - длина полезной части поля «Данные» (количество бит, содержащих нужную информацию – показания фоторадара);
  - данные – показания фоторадара -контрольная сумма CRC.

- CRC – контроль целостности пакета.

Адрес	Тип	Номер пакета	Длина	Данные	CRC
8	1	3	5	33	12

**57 бит**

Рис.2 Структура информационного сообщения, передающегося по каналу TCH.

3) Структура сообщения NAK, передающегося по каналу TCH будет содержать поля:

- адрес;
- тип сообщения (1- служебное);
- код команды (101 – требуется пересылка сообщения с указанным номером пакета);
- поле N, являющееся идентификатором необходимости повторной отправки определённого пакета (при необходимости переправки которого из пакетов в этом поле будет установлена «1»);
- нули (поле, заполняющееся нулями, для сохранения размера сообщения)
- CRC.

Адрес	Тип	Код	N	Нули	CRC
8	1	3	1	35	12

**57 бит**

Рис.3 Структура сообщения NAK.

Отправляется ТСД терминалу в случае неудачного приёма сообщения с данными.

4) Структура служебного сообщения – инструкции с указаниями содержат следующие поля:

- адрес;
- тип (1 – служебное);
- код команды;
- длина;
- данные (команда на выполнение действий терминалу);

- контрольная сумма CRC.

Адрес	Тип	Код	Длина	Данные	CRC
8	1	3	5	33	12

**57 бит**

Рис.4 Структура служебного сообщения трафика

5) Служебное сообщение, передающееся по каналу SACCH будет содержать в себе поля:

- адрес;
- пометка о типе сообщения (1- служебное сообщение);
- код команды (синхронизация);
- длина (поле, показывающее в скольких битах поля данных содержится полезная информация);
- поле данных (содержит информацию о синхронизации терминалов);
- CRC.

Адрес	Тип	Код	Длина	Данные	CRC
8	1	3	5	33	12

**57 бит**

Рис.5 Структура SACCH – сообщения.

Это сообщение содержит в себе информацию о синхронизации терминалов

### 3.6. Построение временной диаграммы, отражающей использование физических ресурсов для сообщений L2 уровня.

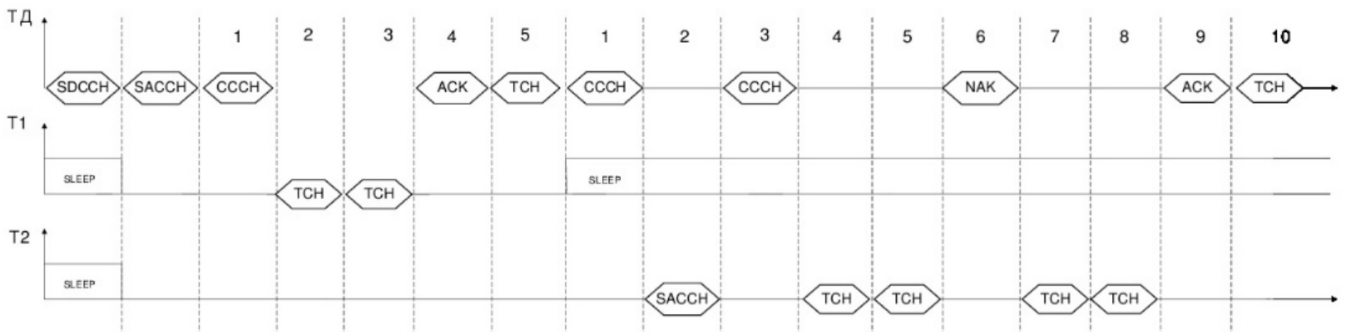


Рис. 6 Временная диаграмма

Обмен данными по радионтерфейсу осуществляется по запросу. Как было сказано ранее, мы используем временное разделение каналов. Время доступа к физическому каналу разделено на интервалы, так называемые тайм-слоты, которые следуют друг за другом по очереди. В каждый такой тайм-слот одно из устройств имеет полный доступ к среде передачи данных. Тайм - слоты

сгруппированы в кадр, в пределах которого осуществляется синхронизация сети, "диалог" ТД и Т, а также сама передача данных.

Для удобства передачи и последующего исправления ошибок сообщение, передаваемое в пределах одного кадра, фрагментируется на пакеты. Каждому пакету присваивается номер для последующей возможности переслать пакет, пришедший с ошибкой.

#### 4. Разработка физического уровня (L1). Реализация необходимых уровней L2 физических ресурсов.

4.1. Расчет характеристик требуемых физических ресурсов (пропускная способность, качество доставки).

Двусторонний обмен сообщениями разного типа максимально составляет 5 пакетов L1 сообщений 80 бит. Итого 400 бит – максимальное количество данных по обмену с одним терминалом. С учётом того, что за одну секунду ведётся опрос примерно 30 терминалов. Сделаем примерный расчёт пропускной способности физического канала связи:

$$R = 400 \text{ (бит)} * 30 / 1 \text{ (с)} = 12000 \text{ бит/с} = 1500 \text{ байт/с, что примерно равно } 1,5 \text{ кбайт/с.}$$

Расчёт выполнен с условием того, что учтён двусторонний обмен, наличие преамбулы и защитных интервалов, наличие избыточности, CRC адресов и других полей сообщения L2 уровня.

4.2. Обоснование выбора мер по обеспечению синхронизации и по защите приема от многолучевости и помех в канале связи. При необходимости, проработка профилей физического уровня и сценария их выбора (служба L3 уровня, п.2.2-2.4). Оценка требуемой избыточности, вносимой указанными факторами.

Явление многолучевости возникает при условии существования в точке приема радиосигнала не только прямого, но и одного или нескольких отражённых лучей (от земной поверхности, зданий, строений и прочих объектов). В данной радиосети, с целью возможности исправления ошибок на приемной стороне будет использоваться помехоустойчивое кодирование. Также можно применить блочное кодирование в силу того, что нельзя использовать сверточное кодирование или перемежение, потому что отдельные части сообщения нужны сразу (такие как адрес) и остаются без изменений при блочном, а также блочное кодирование позволяет увеличить вероятность исправляемых ошибок.

Так как данная система достаточно проста, из этого следует, что нет необходимости вводить различные профили настроек физического уровня, можно ограничиться одним. Использовать будем BPSK-модуляцию, так как у этого вида модуляции высокая помехоустойчивость.

4.3. Оценка пропускной способности физического канала связи с учетом избыточности, вносимой на L1-уровне.

$$R = 400 \text{ (бит)} * 30 / 1 \text{ (с)} = 12000 \text{ бит/с} = 1500 \text{ байт/с, что примерно равно } 1,5 \text{ кбайт/с.}$$

Расчёт выполнен с условием того, что учтён двусторонний обмен, наличие преамбулы и защитных интервалов, наличие избыточности, CRC адресов и других полей сообщения L2 уровня.

$$R = 12 \text{ (Кбит/с).}$$

Для BPSK минимальная необходимая полоса по формуле ниже:

$$\Delta f = R / \log_2 n = 12 \times 10^3 / \log_2 2 = 12 \text{ (КГц)}$$

где: R – скорость передачи бит/с, n – кратность модуляции.

4.4. Обоснованный выбор частотного диапазона (на основании документов ГКРЧ); аргументированный выбор модели оценки потерь при распространении радиоволн выбранного диапазона, расчёт уровня потерь.

На основании Постановления Правительства Российской Федерации от 25 июля 2007 г. № 476 ("О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2004 г. № 539 "О порядке регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств"), предусмотрено свободное использование частотного диапазона 446-446.1 МГц для портативных радиостанций с мощностью излучения не более 0.5 Вт.

Согласно Постановлению правительства выберем рабочую полосу частот при центральной частоте 446.05 МГц: 446.02-446.98 (МГц).

Предполагаем, что терминалы находятся в плотной городской застройке. В качестве модели потерь выберем модель для широкополосных систем связи 3-го поколения. Она подходит для использования в нашей сети, потому что у нас небольшая зона радиопокрытия в условиях городской застройки, вследствие чего расстояние между ТСД и Т меняется в пределах километра, что не совсем подходит для использования других моделей оценки потерь.

Возьмем модель для транспортных средств из слайдов Бакке А.В. (наша ТСД – подвижна) и примем в модели hbs(высоту установки антенны БС) равную 0.5м.

$L = 80 + 40 * (1 - 0.004 * h_{bc}) * \lg R - 18 \lg h_{bc} + 21 \lg f_0$ , где R – данное по ТЗ расстояние 0.3 км, а f0 – несущая частота,

тогда потери в канале связи:

$$L = 80 + 40 * (1 - 0.004 * 0.5) * \lg(0.3) - 18 \lg(0.5) + 21 \lg(446.05) = 120,2 \text{ (дБ)}$$

Таким образом, уровень потерь на границе зоны радиопокрытия составляет 120,2 дБ.

4.5. Расчет отношения сигнал/шум, требуемого для обеспечения требуемого качества приема без помехоустойчивого кодирования. Обоснованный выбор метода помехоустойчивого кодирования, расчет эффективности кодирования. Повторный расчет отношения сигнал/шум с учетом метода помехоустойчивого кодирования. Окончательная оценка требуемой полосы частот.

Для определения отношения сигнал/шум, требуемого для обеспечения заданной вероятности ошибки, используем инструмент berTool, входящий в состав Matlab.

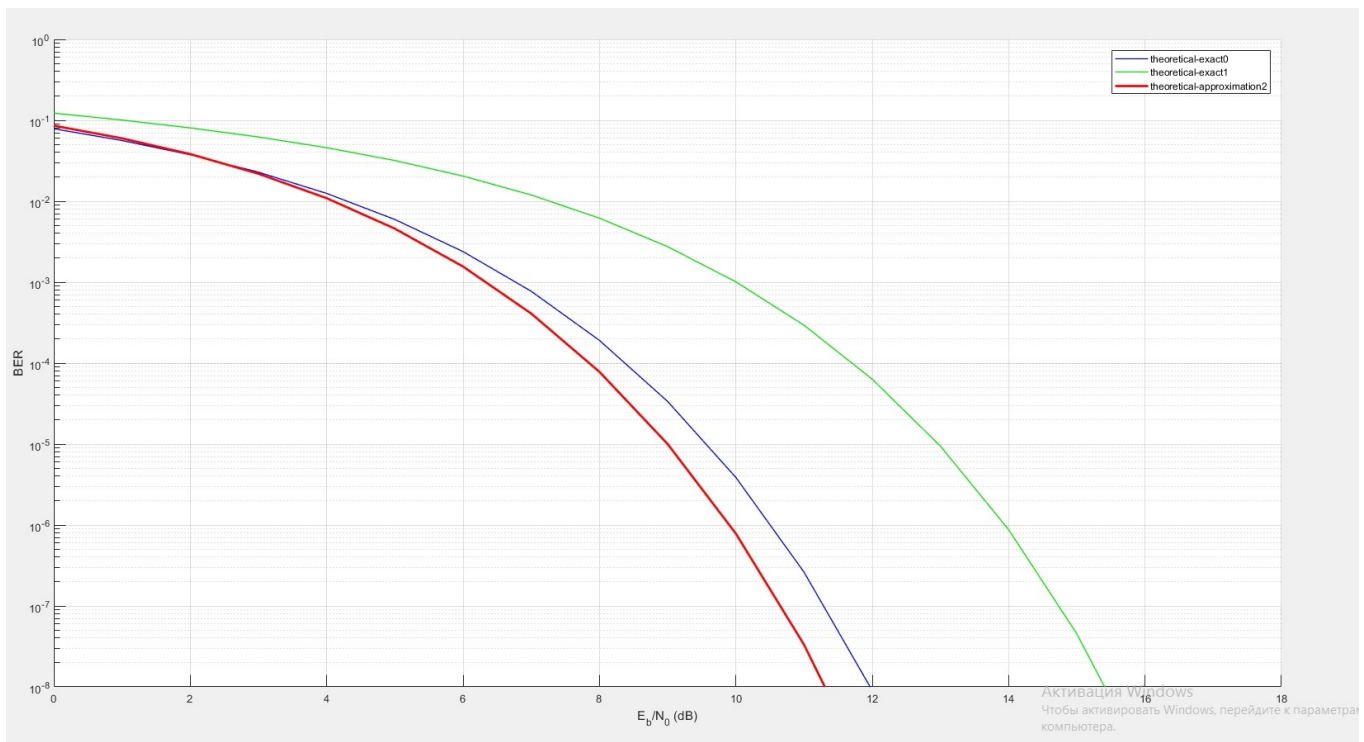


Рис. 7

Согласно ТЗ необходимо обеспечить вероятность битовой ошибки менее  $5 \cdot 10^{-6}$ . В ходе анализа были получены зависимости для 2 типов модуляции- BPSK и 8-PSK для сравнения эффективности. Видим из рисунка 7, что при заданной Рош имеем ОСШ 10,4 дБ для BPSK и 14,2 дБ для 8-PSK. Для BPSK требуется меньшее ОСШ в канале для обеспечения требуемой Рош.

Применение помехоустойчивого кодирования дает выигрыш в отношении сигнал/шум примерно 0,4 дБ. Требуемое ОСШ составляет 9 дБ.

#### 4.6. Расчет структуры полей пакетов L1 уровня.

Сформированное сообщение L2 уровня размером в 57 бит(пакет физического уровня будет иметь одинаковую размерность) поступает на физический уровень, затем к этому сообщению во время процедуры блочного кодирования прибавляется избыточность размером в 6 бит. Далее происходит BPSK-модуляция, в результате чего получается промодулированное сообщение в 63 бита  $57+6=63$  бита и на заключительном этапе к промодулированному сообщению добавляется преамбула в виде 17 – битной последовательности CAZAC. В результате добавления преамбулы получается пакет физического уровня, пригодный для передачи по радиоканалу, размерность которого составляет  $63+17=80$  бит.

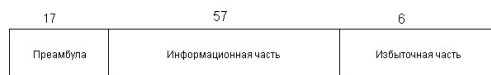


Рис.8 Структура пакета физического уровня

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

Перед началом расчетов зададимся некоторыми параметрами среды и системы:

- Цифровое отношение сигнал/шум исходя из п. 2.8.6:  
для BPSK  $E_b/N_0 = 9$ дБ;
- Затухания в канале связи из п. 2.8.5:  $L = 120,2$  дБ;
- Скорость передачи данных после кодирования:  $R_c = 120$  КБ/с
- Шумы каскадов:  $N_k = 3$  дБ;
- Резерв мощности из-за замираний в канале связи:  $P_3 = 3$  дБ;
- Постоянная Больцмана:  $k = 1,38 \times 10^{-23}$  Дж/К;
- Шумовая температура (нормальные условия):  $T = 296$  К.
- Расчет уровня мощности передачи для профиля BPSK:
  1. Шумовая полоса одного канала:  
 $\Pi_{ш} = \Delta f \times 1,1 = 12 \times 1,1 = 13,2$  КГц
  2. Мощность шума:  
 $P_{ш} = k \cdot T \cdot \Pi_{ш} = 1,38 \times 10^{-23} \cdot 296 \cdot 13,2 \times 10^3 = 5,4 \times 10^{-16}$  Вт = -15,267 дБ
  3. Аналоговое отношение сигнал/шум:  
 $C/N = (E_b / N_0) + 10 \log(R_N / \Pi_{ш}) = 9 + 10 \log(1/13,2) = 2,205$  дБ
  4. Чувствительность приемника:  
 $R_{прм} = P_{ш} + N_k + C/N = -15,267 + 3 + 2,205 = -10,062$  дБ
  5. Мощность передатчика:  
 $R_{изл} = R_{прм} + P_3 + L = -10,062 + 3 + 120,2$  дБ = 113,138 дБ

#### 4.8. Разработка и описание функциональной схемы L1 уровня.

Пакеты канального уровня после фрагментации на физическом уровне подвергаются блочному кодированию со скоростью, определяемой типом поступившего на L1 уровень пакета. Затем осуществляется BPSK модуляция. К промодулированному сигналу добавляется преамбула в виде 17 – битной последовательности CAZAC, которая одинаково формируется для приемной и передающей части сетевого устройства. В результате добавления преамбулы получается пакет физического уровня, пригодный для передачи по радиоканалу.

На приемной стороне производится обратный процесс. Блок синхронизации осуществляет обнаружение преамбулы на основе генерируемой формирователем в составе приемного устройства CAZAC последовательности, затем происходит демодуляция BPSK сигнала, блочное декодирование декодером. Принятые пакеты накапливаются, пока не будет полностью принят пакет L2 уровня. После этого пакеты дефрагментируются. Полученные в результате описанных выше преобразований пакеты L2 уровня передаются на канальный уровень для дальнейших преобразований.

На рис. 9 представлена функциональная схема L1 уровня.

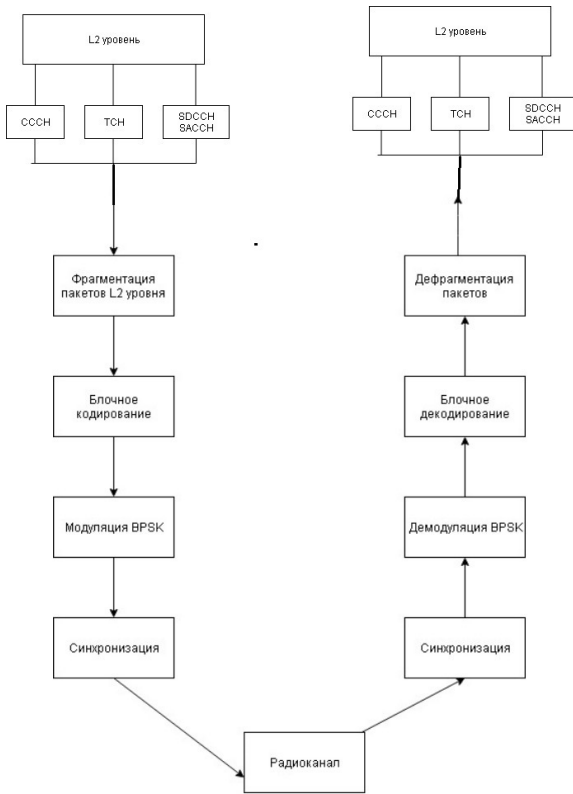


Рис.9 Функциональная схема L1 уровня

[Прикрепить файл к статье](#)