



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ Информатика, системы управления и искусственный интеллект

КАФЕДРА Системы обработки информации и управления

Методические указания к лабораторной работе №1 по дисциплине
Информационные системы и технологии
Для студентов 3-го курса кафедры СГН 3

Разработал:
Старший преподаватель
Антонов А.И.

Москва, 2026 г.

Оглавление

Лабораторная работа №1. Настройка Frame Relay.	1
Цель работы	3
Необходимое оборудования	3
Задание	3
Требования	3
Frame Relay — пример настройки и описание	4
Принципы работы Frame Relay	4
Структура кадра Frame Relay	6
Настройка Frame Relay на маршрутизаторе	7
Настройка без сабинтерфейсов	8
Настройка с сабинтерфейсами	11
Контрольные вопросы	15

Цель работы

Моделирование и развитие практических навыков проектирования WAN сетей с применением протокола коммутируемого доступа Frame Relay.

Необходимое оборудования

Персональный компьютер, система Cisco Packet Tracer версии не ниже 8.2

Задание

К сети Frame Relay подключено четыре маршрутизатора. К первому из них подключен напрямую сервер, к остальным - коммутаторы, к которым, в свою очередь по 3 конечных устройства (разных типов – сервер, рабочая станция, ноутбук и т.п.). Необходимо реализовать два способа настройки Frame Relay, с сабинтерфейсами и без них. В случае когда настраиваем без сабинтерфейсов первый маршрутизатор является управляющим. Весь трафик проходит через него. При настройке с сабинтерфейсами все маршрутизаторы равнозначны. Передача трафика происходит по кратчайшему пути. Используется динамическая маршрутизация OSPF. Настроить сеть согласно требованиям к IP адресам, добиться получения простых ICMP пакетов из каждого сегмента сети (PING, Trace route). Отдельно подключенный сервер является WEB сервером на котором должны быть XML, CSS и HTML файлы. На сервере в другой сети надо прописать DNS запись (имя сервера www.Фамилия.ИО.iu5) для сервера 1 и проверить доступность сервера 1 по имени из всех сетей.

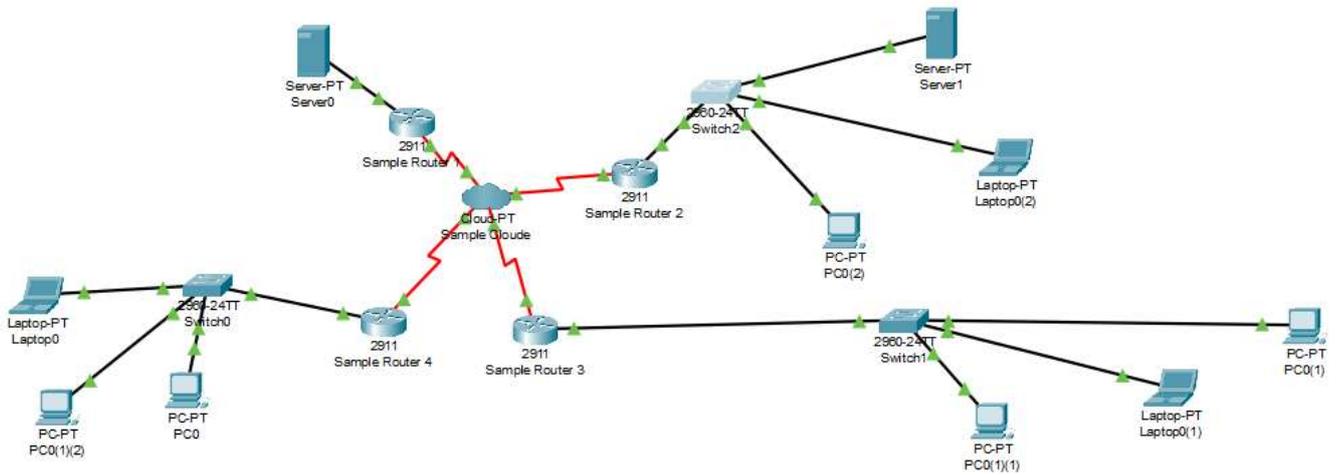


Рисунок 1. Общая схема сети

Требования к IP адресам.

Имена устройств должны быть изменены и содержать номер варианта.

(Например «Router1_51_1»)

IP адреса настраиваются по следующему принципу:

Для локальных сетей 195.X.Y.n, 195.X.Y+50.n, 195.X.Y+100.n, 195.X.Y+150.n где X-номер группы, Y-номер варианта, n-номер устройства.

Для интерфейсов к облаку Frame Relay 176.X.Y.n где X-номер группы, Y-номер варианта, n-номер устройства.

Требования к XML, CSS и HTML

Создать xml файл валидной разметки с вложенностью не менее трёх уровней.

Количество различных элементов второго уровня должно быть не менее двух.

Количество различных элементов третьего уровня должно быть не менее четырёх.

Тематика xml файла произвольная. Для каждого элемента первого уровня предусмотреть не менее 3 экземпляров, для каждого элемента последующих уровней

– не менее двух экземпляров. Пример:

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!DOCTYPE recipe>
<recipe>
  <head>
    <title>Сладкий хлеб</title>
    <preptime>120 минут</preptime>
    <cooktime>120 минут</cooktime>
    <level>80</level>
  </head>
  <composition>
    <ingredient amount="3" unit="стакан">Мука</ingredient>
    <ingredient amount="0.25" unit="грамм">Дрожжи</ingredient>
    <ingredient amount="1.5" unit="стакан">Тёплая вода</ingredient>
    <ingredient amount="1" unit="стакан">Молоко</ingredient>
  </composition>
</recipe>
<recipe>
  <head>
    <title>Яичница</title>
    <preptime>1 минута</preptime>
    <cooktime>10 минут</cooktime>
    <level>5</level>
  </head>
  <composition>
    <ingredient amount="2" unit="штука">Яйцо</ingredient>
    <ingredient amount="0.25" unit="грамм">Соль</ingredient>
  </composition>
</recipe>
<recipe>
  <head>
    <title>бутерброд</title>
    <preptime>1 минута</preptime>
    <cooktime>1 минута</cooktime>
    <level>1</level>
  </head>
  <composition>
    <ingredient amount="1" unit="штука">Хлеб</ingredient>
    <ingredient amount="1" unit="штука">Масло</ingredient>
    <ingredient amount="1" unit="штука">Сыр</ingredient>
  </composition>
</recipe>

```

Привязать к XML файлу файл разметки CSS. Каждый элемент третьего уровня должен

обладать своим стилем. Можно указывать цвет и фон текста, размер и стиль написания, шрифты, отступы и т.п.

HTML страница должна содержать встроенный скрипт, который будет обрабатывать XML файл. В HTML файле создать поле ввода, в которое вводиться номер элемента второго уровня, для которого выведутся элементы третьего уровня.

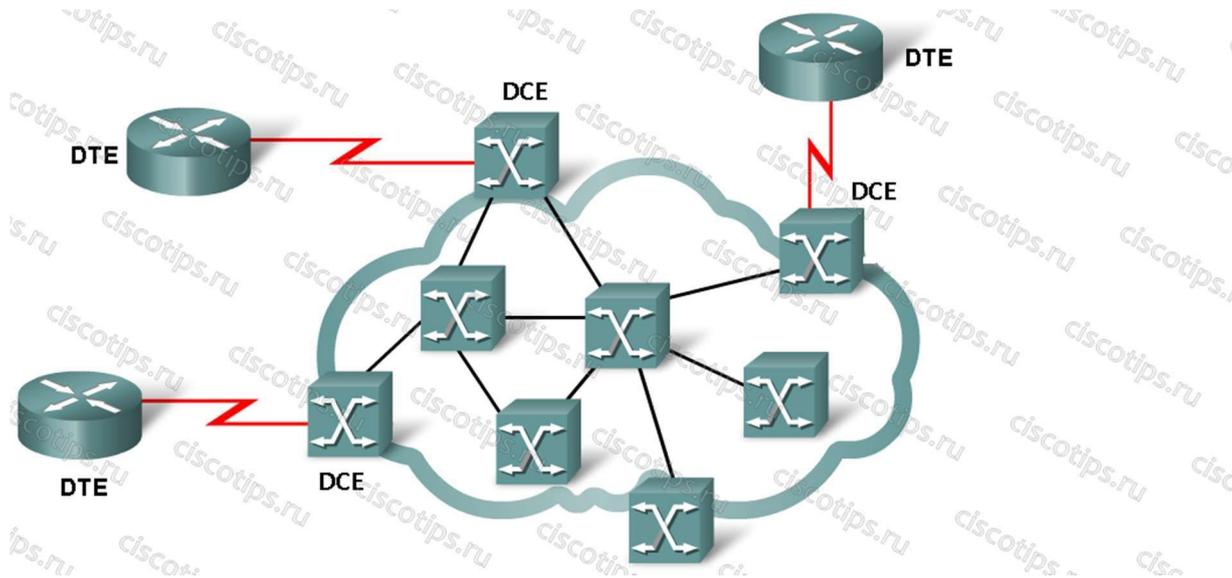
Frame Relay — пример настройки и описание

Frame Relay – WAN-протокол, работающий на втором уровне [модели OSI](#), то есть, там же, где работают Ethernet, PPP, HDLC и др. Frame Relay пришёл на смену протокола X.25, в России сравнительно широкого распространения не получил.

Моделирование сети Frame Relay позволяет изучить принципы настройки коммутируемых каналов связи между абонентами. Кроме того, знание Frame Relay помогает в понимании MPLS.

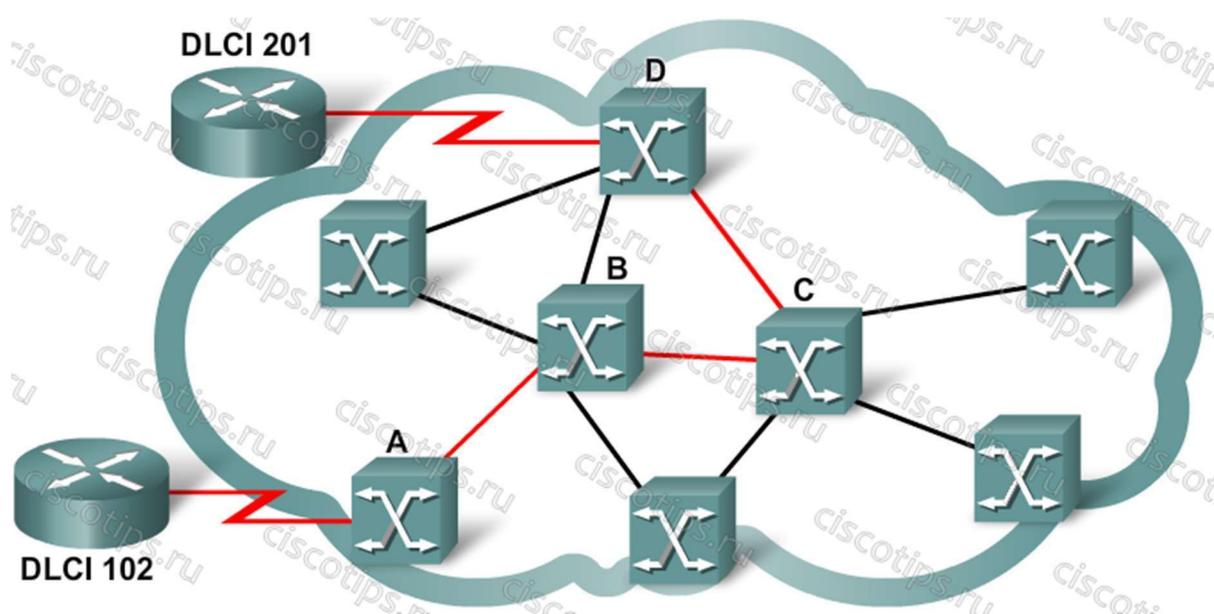
Принципы работы Frame Relay

Аналогично другим WAN протоколам мы, как клиент, настраиваем маршрутизатор как DTE. В качестве DCE выступает провайдерское оборудование, а именно, коммутатор Frame Relay switch. В качестве такого коммутатора может выступать обычный маршрутизатор cisco и пусть слово «коммутатор» вас не смущает.



Как используется Frame Relay? Мы арендуем у провайдера виртуальную сеть для соединения двух удалённых подразделений, он даёт нам кабель и говорит: настройте у себя на маршрутизаторе Frame Relay и добавляет: «Чтобы попасть из офиса А в офис Б используется DLCI 102, чтобы попасть из офиса Б в офис А используется DLCI 201»

DLCI – это «Data Link Connection Identifier», идентификатор соединения. У провайдера есть большая сеть, через которую проходит множество разных соединений (Virtual Circuit-ов), каждое направление по каждому из них имеет свой идентификатор – DLCI. Причём, DLCI имеет локальное значение, так что, если посмотреть на приведённый рисунок, то первый же Frame Relay коммутатор «А», получив фрейм с DLCI 201 вполне может поменять его на другое значение, так как само число 201 имеет смысл только в контексте маленького участка сети между двумя соседними коммутаторами. Благодаря этому одни и те же номера DLCI можно использовать в разных частях сети, главное, чтобы все настройки на коммутаторах были согласованы между собой. DLCI Фактически это адрес канального уровня, то есть для Frame Relay DLCI – это способ идентификации общающихся устройств, как, например, MAC адрес для Ethernet. Только тут речь идёт скорее не об устройствах, а о каналах. В общем всё это для общего развития, а практически надо знать одно, с каждого из наших устройств, на границе облака, до каждого другого (до которого мы арендовали сеть от этого) ведёт один конкретный DLCI, который нам надо настроить.



Структура кадра Frame Relay

Кадр FR имеет следующий формат:



Назначение полей:

1. FLAG – признак начала фрейма, специальная последовательность нулей и единиц («01111110»), которая говорит получателю, что далее будет следовать тело фрейма.
2. ADDRESS – поле, содержащее DLCI получателя и отправителя, а так же некоторые флаги для управления потоком при возникновении заторов в сети.
3. DATA – поле с полезными данными вышестоящих протоколов.
4. FCS – контрольная сумма.
5. FLAG – признак окончания фрейма, содержит то же значение что и признак начала фрейма.

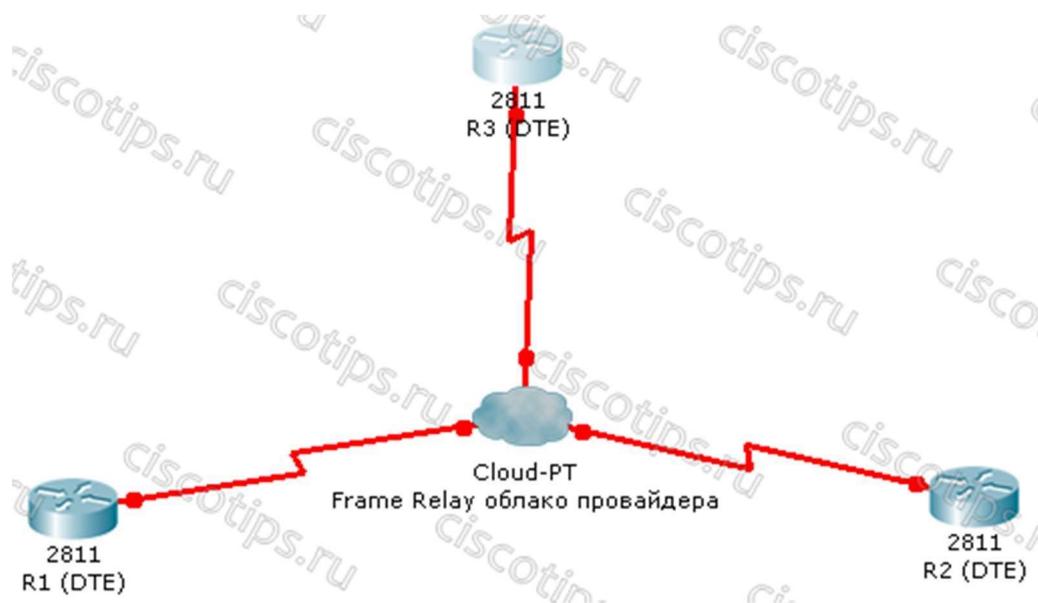
Для того, чтобы отправить что-то через сеть, надо, чтобы маршрутизатор знал, что его ждёт за тем или иным DLCI-ем, на том конце линии. Иными словами, необходима таблица соответствия DLCI-ев и IP адресов роутеров, находящимися за ними. Такая таблица называется frame relay map, она может строиться автоматически или настраиваться вручную администратором. С некоторой натяжкой можно провести аналогию между frame relay map и arp таблицей в Ethernet, так как в обоих случаях таблица нужна для установления соответствия между адресами протоколов второго и третьего уровней. Для автоматического создания таблицы есть протокол Inverse ARP – он позволяет, зная номер DLCI, узнать ip адрес маршрутизатора, находящегося на том конце соответствующего этому DLCI маршрута.

Frame Relay сам по себе занимается только доставкой данных. Однако, у него есть расширение LMI – Local management interface, которое позволяет, например, автоматически получать от провайдера список открытых для нас DLCI, через него же работает и Inverse ARP. Технически LMI помещает служебную информацию в поля ADDRESS и DATA обычного Frame Relay фрейма.

Настройка Frame Relay на маршрутизаторе

В CCNA рассматривается два способа настройки Frame Relay: с сабинтерфейсами и без. Второй способ проще, но через него не будет работать динамическая маршрутизация. Поэтому он может использоваться либо при соединениях точка-точка, либо, если вы знаете, что делаете.

Имеется топология, давайте попробуем настроить двумя способами.



Настройка без сабинтерфейсов

Пусть провайдер нам сообщил номера DLCI:

1. R1 – R2 – 102
2. R2 – R1 – 201
3. R1 – R3 – 103
4. R3 – R1 – 301
5. R2 – R3 – 203
6. R3 – R2 – 302

IP адреса маршрутизаторов:

1. R1 – 192.168.0.1
2. R2 – 192.168.0.2
3. R3 – 192.168.0.3

Настройка без сабинтерфейсов – все DLCI-и выходят наружу с нашего маршрутизатора через один общий serial интерфейс.

Настройка R1:

```
R1#  
  
R1#configure terminal  
  
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.  
  
R1(config)#interface serial0/0/0  
  
R1(config-if)#no shutdown  
  
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up  
  
R1(config-if)#encapsulation frame-relay  
  
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state to up  
  
R1(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0  
  
R1(config-if)#bandwidth 64  
  
R1(config-if)#frame-relay map ip 192.168.0.2 102 broadcast  
  
R1(config-if)#frame-relay map ip 192.168.0.3 103 broadcast
```

Настройка достаточно простая: мы указали включили интерфейс, настроили инкапсуляцию и ip адрес, с помощью bandwidth сообщили маршрутизатору реальную скорость канала (чтобы потом, например, метрика правильно считалась) и добавили две строчки в карту framerelay, сообщив, что 192.168.0.2 находится за DLCI-ем 102, а

192.168.0.3 – за 103. Слово **broadcast** означает в данном контексте вот что: Сам FR не поддерживает широковещательный трафик, но если мы задаём это слово, то при необходимости отправки брудкаста, он будет заменён на множество юникастовых фреймов – для всех получателей. Без этого слова не будут работать, например, протоколы динамической маршрутизации.

Настройка R2:

```
R2#configure terminal

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

R2(config)#interface serial 0/0/0

R2(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up

R2(config-if)#encapsulation frame-relay

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state to up

R2(config-if)#ip address 192.168.0.2 255.255.255.0

R2(config-if)#frame-relay map ip 192.168.0.1 201 broadcast

R2(config-if)#frame-relay map ip 192.168.0.3 203 broadcast

R2(config-if)#bandwidth 64
```

Аналогично настраиваем R3:

```
R3#configure terminal

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

R3(config)#interface serial 0/0/0
```

```
R3(config-if)#no shutdown
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up
```

```
R3(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state to up
```

```
R3(config-if)#ip address 192.168.0.3 255.255.255.0
```

```
R3(config-if)#frame-relay map ip 192.168.0.1 301 broadcast R3(config-if)#frame-relay
```

```
map ip 192.168.0.2 302 broadcast
```

```
R3(config-if)#bandwidth 64
```

Настройка с сабинтерфейсами

Теперь попробуем реализовать то же самое, но с сабинтерфейсами. Отличие этого способа в том, что для каждого DLCI создаётся отдельный сабинтерфейс. Это нужно для работы протоколов динамической маршрутизации. Дело в том, что в динамической маршрутизации есть правило Split horizon, которое означает, что маршрутизатор не сообщает про некую сеть через тот же интерфейс, откуда он про неё узнал. То есть, если настраивать без сабинтерфейсов и R2 сообщит про какую-то сеть для R1, то R1 не сможет про неё рассказать дальше роутеру R3, так как он узнал про эту сеть с интерфейса s0/0/0, он не может через него же про неё сообщить. В случае использования сабинтерфейсов проблема решается, так как R1 узнал про эту сеть через интерфейс s0/0/0.102, а сообщил через s0/0/0.103. В этой топологии разные DLCI находятся на разных сабинтерфейсах, а значит надо поменять и ip адресацию чтобы не получилось, что у маршрутизатора два интерфейса в одной и той же сети.

Пусть сети будут такие:

1. R1 – R2 – 192.168.0.0/30
2. R1 – R3 – 192.168.0.4/30

3. R2 – R3 – 192.168.0.8/30

```
R1#
```

```
R1#configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
R1(config)#interface serial0/0/0
```

```
R1(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up
```

```
R1(config-if)# interface serial0/0/0.102 point-to-point
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0.102, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0.102, changed state to up
```

```
R1(config-subif)#frame-relay interface-dlci 102
```

```
R1(config-subif)#bandwidth 64
```

```
R1(config-subif)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.252
```

```
\R1(config-subif)#interface serial0/0/0.103 point-to-point
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0.103, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0.103, changed state to up
```

```
R1(config-subif)#ip address 192.168.0.5 255.255.255.252
```

```
R1(config-subif)#frame-relay interface-dlci 103
```

```
R1(config-subif)#bandwidth 64
```

Настраиваем R2:

```
R2#configure terminal
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
R2(config)#interface serial0/0/0
```

```
R2(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
R2(config-if)#no shutdown
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state to up
```

```
R2(config-if)#interface serial0/0/0.201 point-to-point
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0.201, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0.201, changed state to up
```

```
R2(config-subif)#frame-relay interface-dlci 201
```

```
R2(config-subif)#ip address 192.168.0.2 255.255.255.252
```

```
R2(config-subif)#interface serial0/0/0.203 point-to-point
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0.203, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0.203, changed state to  
up
```

```
R2(config-subif)#frame-relay interface-dlci 203
```

```
R2(config-subif)#ip address 192.168.0.9 255.255.255.252
```

И R3:

```
R3#
```

```
R3#configure terminal
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
R3(config)#interface serial0/0/0
```

```
R3(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
R3(config-if)#no shutdown
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state to up
```

```
R3(config)#interface serial0/0/0.301 point-to-point
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0.301, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0.301, changed state to up
```

```
R3(config-subif)#frame-relay interface-dlci 301
```

```
R3(config-subif)#ip address 192.168.0.6 255.255.255.252
```

```
R3(config-subif)#interface serial0/0/0.302 point-to-point
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0.302, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0.302, changed state to up
```

```
R3(config-subif)#frame-relay interface-dlci 302
```

```
R3(config-subif)#ip address 192.168.0.10 255.255.255.252
```

Как и при создании сабинтерфейсов для работы с VLAN, сам номер сабинтерфейса не говорит ничего о номере DLCI для связывания с DLCI используется команда

frame-relay interface-dlci. Но с точки зрения удобства и понятности, лучше делать номер сабинтерфейса совпадающим с номером DLCI.

Контрольные вопросы

1. Frame Relay — особенности, характеристики
2. Обработка ошибок в сети Frame Relay
 1. Формат пакета сети
 2. Дополнения к Frame Relay LMI (интерфейс управления локальной сетью)
 3. Адресация с помощью DLCI.