

ATM

6.6.1.1

Технология АТМ (Asynchronous Transfer Mode) уходит корнями в В-ISDN и связана с NBMA-топологиями.

АТМ условно относят к технологиям коммутации пакетов.

Серьезными достоинствами АТМ являются заложенные поддержка качества обслуживания разнородного трафика и ориентированность на соединение.

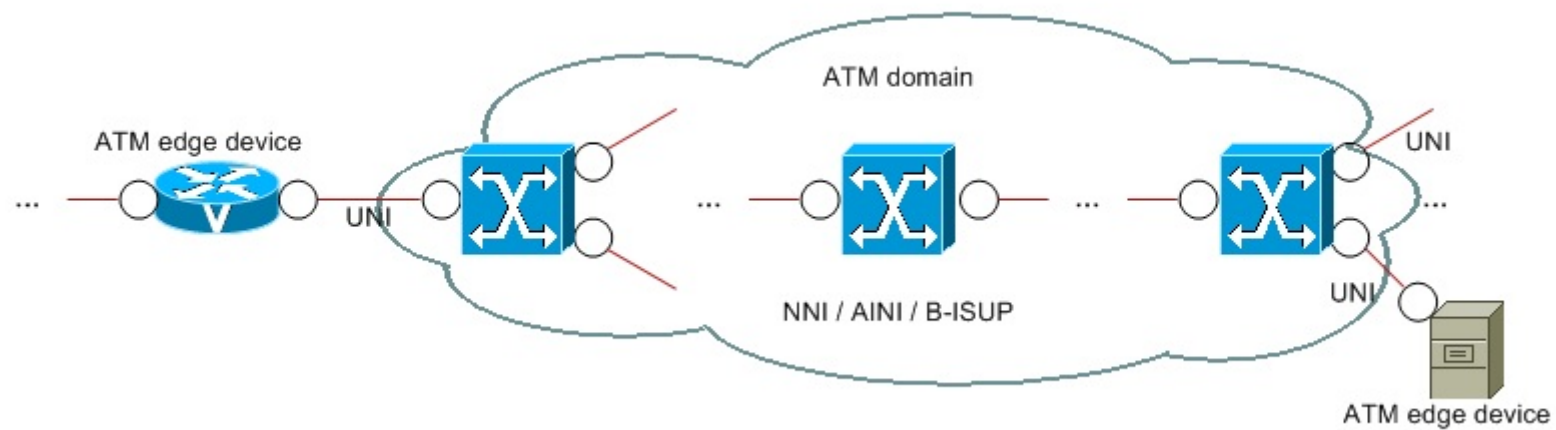
6.6.2.1

Новые условные графические обозначения.



-- АТМ-коммутатор

6.6.2.2a



Структура АТМ-домена

6.6.2.2b

АТМ-домен (ATM domain) состоит из некоторого количества объединенных АТМ-коммутаторов (ATM switches) и подключенных к ним граничных АТМ-устройств (ATM edge devices).

Граничными АТМ-устройствами могут быть маршрутизаторы, пользовательские станции, коммутаторы с поддержкой АТМ и так далее.

6.6.3.1

Согласно идее АТМ, информация передается посредством фиксированной длины кадров, называемых ячейками (cells) (53 байта, 5 байтов заголовков и 48 байтов наполнение).

6.6.3.2

Немного абстрактный термин виртуальная цепь (VC -- Virtual Circuit) в приложении к АТМ **считают** синонимом термина виртуальный канал (так же VC -- Virtual Channel) и **раскрывают** как связывающую два абонентских граничных АТМ-устройства цепочку под названием VCC (Virtual Channel Connection), состоящую из ограниченных физическими каналами между АТМ-портами звеньев под названием VCLs (Virtual Channel Links).

VCs **объединяют** в группы, называемые VPs (Virtual Paths).

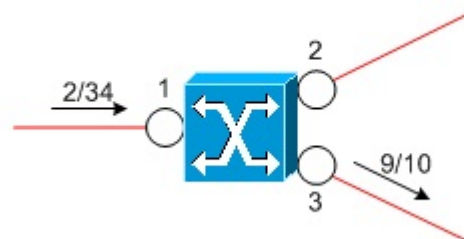
6.6.3.3

В пределах физического канала может существовать множество VCLs. Каждый VCL, а следовательно и VC со стороны абонента, идентифицируют парой:

1. VPI (Virtual Path Identifier).
2. VCI (Virtual Channel Identifier).

6.6.3.4

Принцип работы АТМ-коммутатора.



Switching table

Ingress		Egress	
Port	VPI/VCI	Port	VPI/VCI
1	2/33	2	3/44
1	2/34	3	9/10
2	3/44	1	2/33
3	9/10	1	2/34

Таким образом, коммутация выполняется исходя из значения VPI/VCI в заголовке ячейки.

Пара VPI/VCI значима только в пределах физического канала и поэтому может меняться в процессе пересылки ячейки по АТМ-домену.

Значения VCI от 0 до 31 зарезервированы.

Ячейки с нулевыми значениями VPI и VCI считаются пустыми.

6.6.3.5

Виртуальные цепи ATM бывают трех видов:

1. PVCs (Permanent Virtual Circuits) -- и на граничных ATM-устройствах, и на ATM-коммутаторах, пары VPI/VCИ **администраторы задают** статически.
2. SVCs (Switched Virtual Circuits) -- пары VPI/VCИ и таблицы коммутации формируются ATM-коммутаторами динамически и автоматически.
3. Soft PVCs -- гибриды PVCs и SVCs, связь между граничными ATM-устройствами и ATM-коммутаторами **организована** по PVC-правилам, а между ATM-коммутаторами -- по SVC-правилам.

6.6.3.6

Для обеспечения возможности создания SVCs со стороны граничных АТМ-устройств **используется** специальный механизм -- сигнализация.

Для обеспечения сигнализации **создают** сигнализационную PVC (signaling PVC), валидную в пределах VP, с зарезервированн**ым** VCI = 5 (х/5) (можно переназначить).

6.6.3.7

С помощью PVC можно получить следующие NBMA-топологии:

- point-to-point (unidirectional, bidirectional);
- point-to-multipoint (unidirectional);
- multipoint-to-point (unidirectional);
- multipoint-to-multipoint (unidirectional);
- anycast (bidirectional).

6.6.4.1

За АТМ-стандартизацию ответственные две организации: АТМ Forum и ИТУ-Т (серии I и Q).

6.6.5.1

Для формализации взаимодействия между различными АТМ-устройствами, стандартизированы следующие типы сетевых интерфейсов АТМ:

- Private UNI (User-Network Interface);
- Private NNI (Network-Network Interface);
- Public UNI;
- Public NNI;
- B-ICI (BISDN Inter Carrier Interface);
- AINI (ATM Internetwork Interface).

Для каждого из интерфейсов определен полноценный функционал.

Некоторые возможности обязательны, некоторые -- опциональны.

UNI ответственен за взаимодействие граничных АТМ-устройств и АТМ-коммутаторов, NNI -- АТМ-коммутаторов между собой.

Публичные интерфейсы отделяют от частных исходя из принадлежности оборудования.

B-ICI ответственен за взаимодействие разных АТМ-провайдеров.

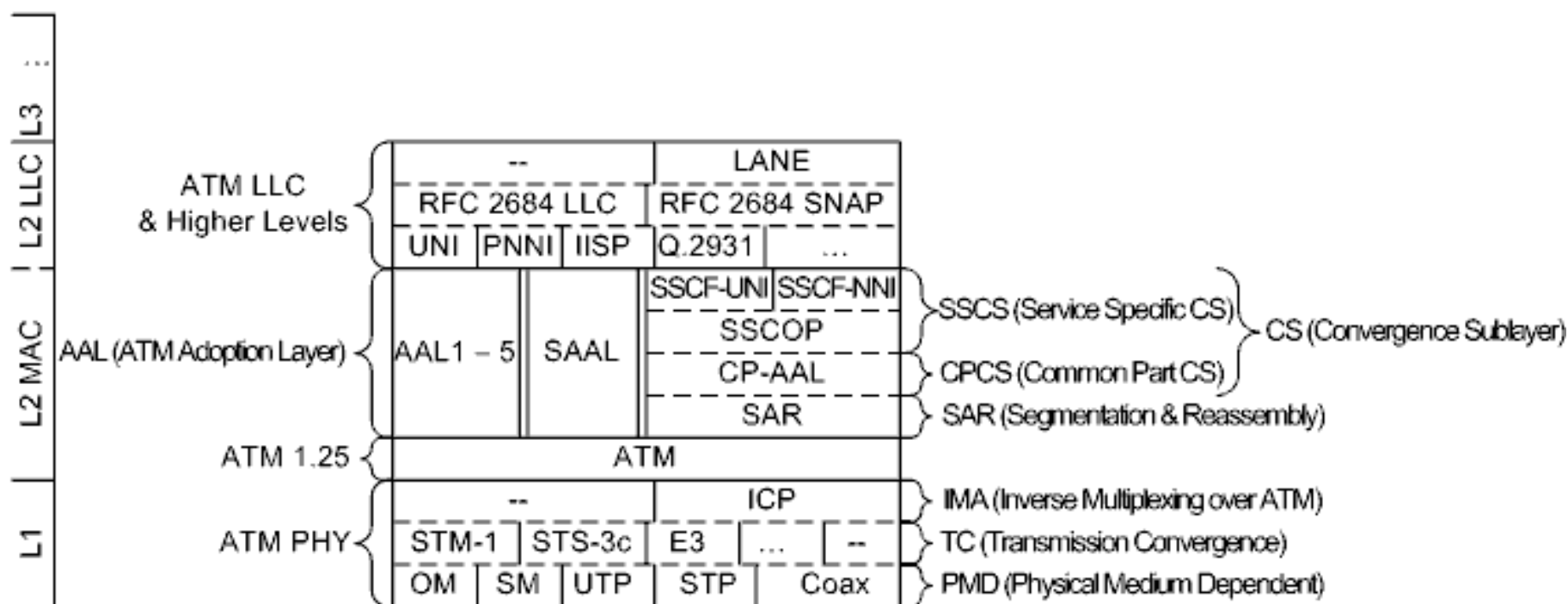
AINI базируются на Private NNI и представляют собой альтернативу NNI при взаимодействиях частных и публичных коммутаторов.

6.6.5.2

АТМ обеспечивает скорость до 40 Gbit/s и больше.

6.6.6.1

Сопоставить ATM с моделью OSI весьма сложно, так как ATM представляет собой целый «мир», внутри которого смело можно выделить семь уровней в соответствии с той же моделью OSI.



6.6.6.2

На физическом уровне выделяются два основных подуровня.

На подуровне PMD осуществляется: генерация и восстановление битов, модуляция и демодуляция, соединение с физической средой.

На подуровне ТС осуществляется: адаптация к СрПД, возможная упаковка ячеек в другие кадры с подсчетом и проверкой контрольных сумм, разграничение ячеек, обеспечение заданной (decoupling) скорости потока. В зависимости от вида конкретной СрПД, ячейки могут вставляться и изыматься напрямую. **Типичные реализации АТМ ориентированы на потоки ТЗ/ЕЗ.**

Иногда, например для обеспечения нестандартной скорости потока, **делают** распараллеливание путем наращивания числа физических каналов и **вводят** еще один соответствующий подуровень-надстройку -- IMA, на котором с помощью протокола ICP (IMA Control Protocol) осуществляется управление мультиплексированием потока ячеек.

6.6.6.3

Применительно к АТМ, канальный уровень имеет очень сложную структуру.

На подуровне собственно АТМ осуществляется: генерация и распознавание ячеек, проверка заголовков ячеек, коммутация виртуальных цепей, управление потоком ячеек. (В синхронных средах пустые ячейки распознаются по нулевым значениям VPI/VCI).

6.6.6.4

На подуровне SAR осуществляется фрагментация на ячейки подготовленного (converged) кадра с более высоких подуровней (передающая сторона) и сборка (принимающая сторона).

На подуровне CS осуществляется преобразование поступившего с более высоких подуровней кадра в АТМ-совместимую форму. При этом SSCS обеспечивает требуемые характеристики трафика, а CPCS -- адаптацию и проверку.

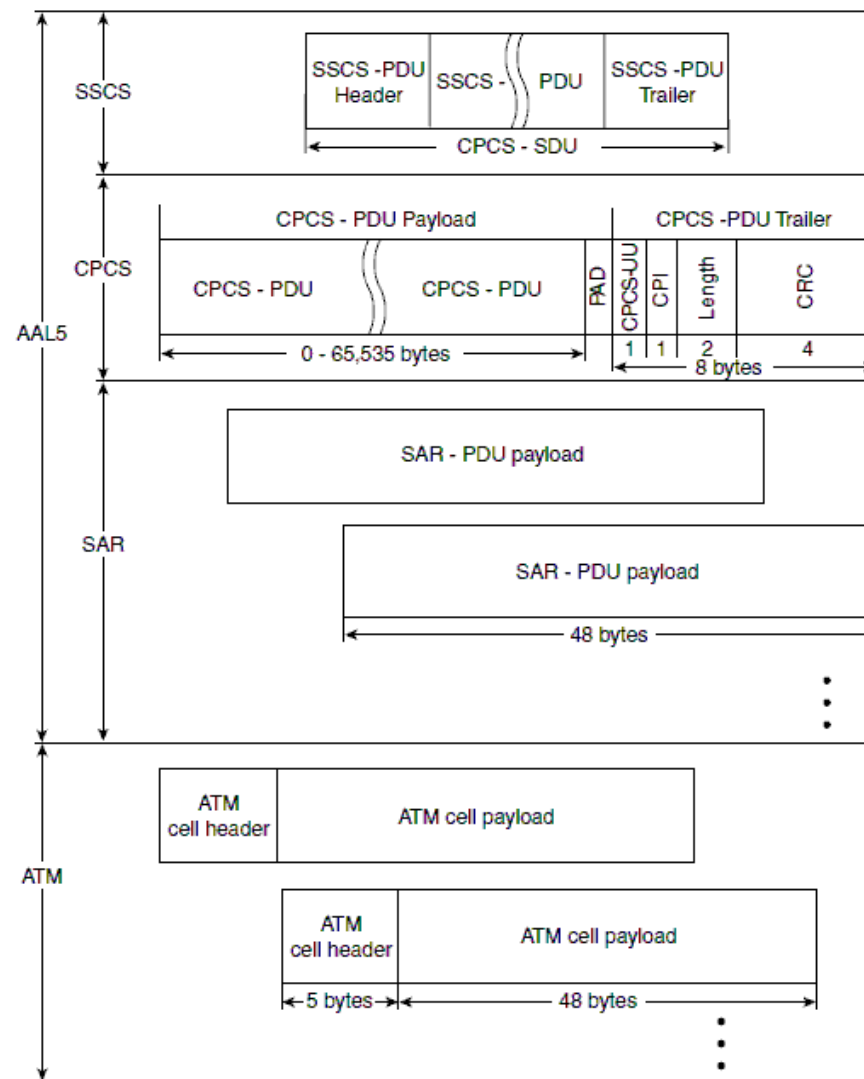
6.6.6.5

Для решения задач AAL задействуются следующие протоколы: SSCF-UNI (Service Specific Coordination Function - UNI), SSCF-NNI, SSCOP (Service Specific Connection Oriented Protocol), CP-AAL (Common Part AAL Peer-to-Peer Protocol).

Различные варианты AAL (AAL1 -- AAL5) можно считать различными вариантами качества обслуживания. Способ инкапсуляции AALx определяет форматы пакетов SSCS, CPCS, SAR и то, как они вкладываются друг в друга. Наиболее часто применяется инкапсуляция AAL5.

6.6.6.6

AAL5 Frame and Cell Formats



[Cisco]

6.6.6.7

При сигнализации вызывается функционал SAAL (Signaling AAL), который задействует все подуровни AAL.

6.6.6.8

За UNI-сигнализацию отвечает протокол Q.2931.

При NNI-сигнализации, при назначении SVCs, правильное направление определяется за счет так называемой АТМ-маршрутизации.

Есть два типа АТМ-маршрутизации:

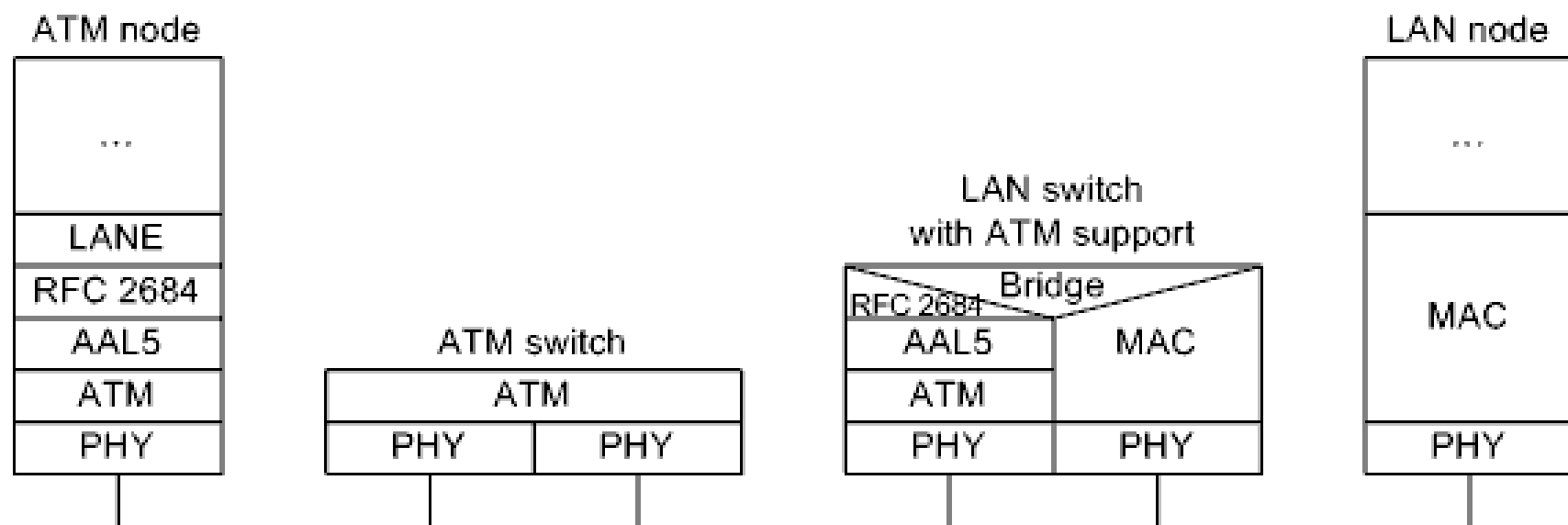
1. IISP (Interim Interswitch Signaling Protocol) -- статическое задание АТМ-маршрутов.
2. PNNI (Private Network-to-Network Interface) -- поиск и динамическое задание АТМ-маршрутов.

6.6.6.9

Услугами ATM могут пользоваться самые разные приложения, взаимодействующие по разным семействам протоколов.

На граничном ATM-устройстве, поступающие с третьего уровня пакеты могут использовать ATM не только напрямую (native), а и посредством эмуляции MAC-уровня LAN -- LANE (LAN Emulation).

В любом случае, используется многопротокольная инкапсуляция по правилам RFC 2684 (усовершенствование RFC 1483), которая бывает двух видов: LLC (Logical Link Control) и SNAP (Subnetwork Access Protocol). В результате, пакеты разных L3-протоколов могут пересылаться по одной виртуальной цепи.



6.6.7.1

Для адресации граничных, и не только, АТМ-устройств **используют** канальные 160-**ти**битные глобальные иерархические АТМ-адреса.

Основное назначение АТМ-адресов состоит в том, что они вставляются в соответствующие сообщения при сигнализации для идентификации вызываемого граничного АТМ-устройства.

Адреса AESAs (ATM End System Addresses) имеют ряд форматов, например на основе E.164-адресов.

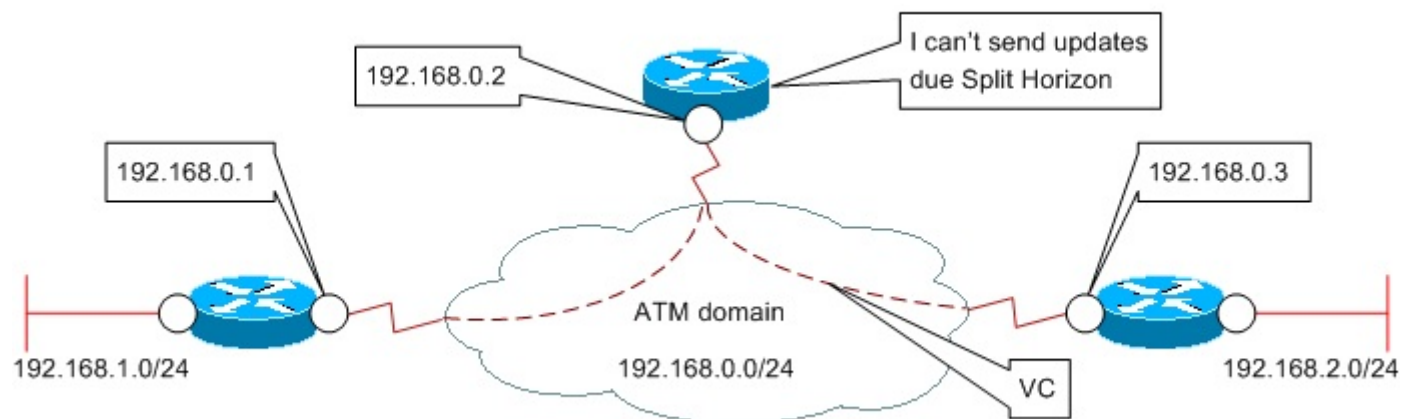
6.6.7.2a

Теоретически, один АТМ-домен должен соответствовать одной подсети, но своеобразная гибкость NBMA-топологий часто позволяет отходить от этого правила.

Если оконечное АТМ-устройство **нужно** включить в разные подсети посредством одного физического сетевого интерфейса, то на базе этого интерфейса нужно создать подинтерфейсы.

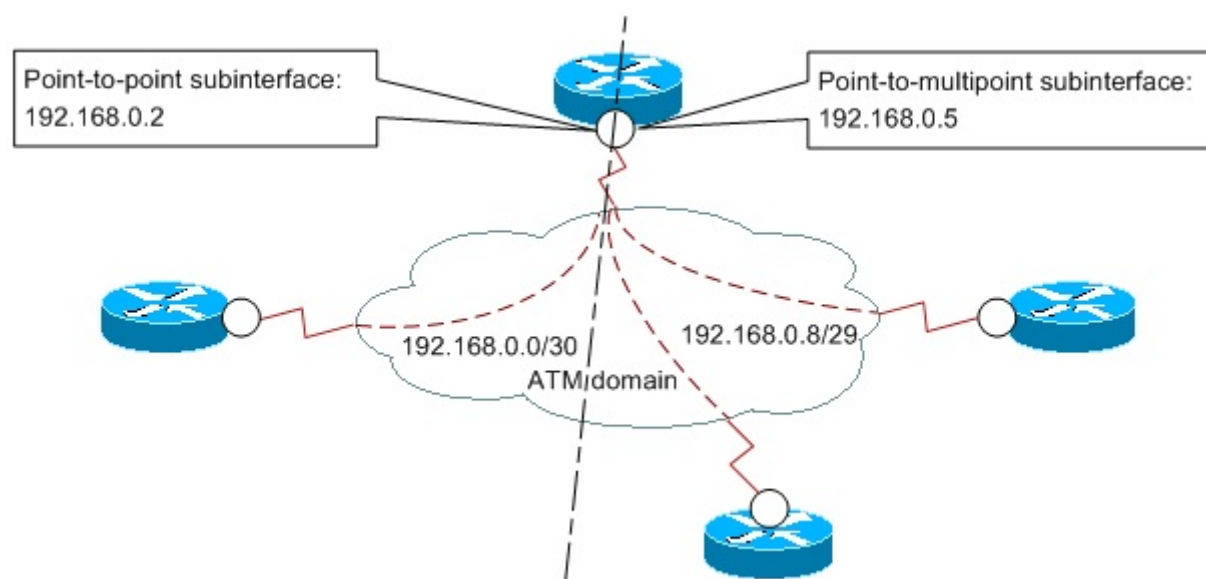
Касательно некоторых NBMA-топологий при динамической маршрутизации отдельную проблему представляет собой правило split horizon. При этом также не обойтись без подинтерфейсов.

6.6.7.2b



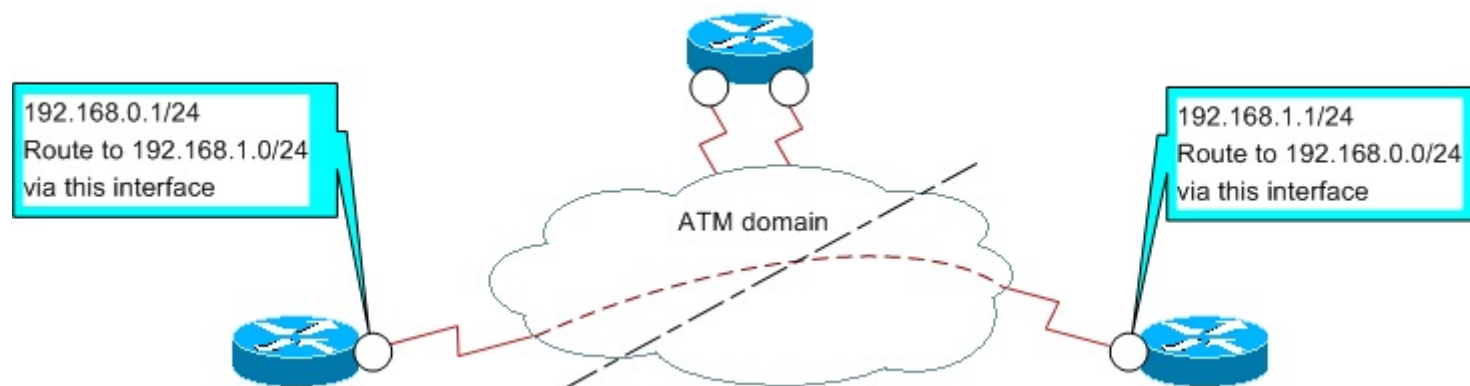
Рекомендуемый пример с АТМ-интерфейсами

6.6.7.2c



Рекомендуемый пример с АТМ-подинтерфейсами

6.6.7.2d



Нерекомендуемый пример

6.6.7.3

Если TCP/IP-приложение задействует ATM напрямую, то требуется сопоставление IP-адресов и ATM-адресов (играют роль канальных MAC-адресов).

Обеспечить соответствие можно либо «вручную», либо с помощью выделенного ARP-сервера.

В случае с SVCs без ATM-адресов не обойтись.

А вот в случае с PVCs обычно **используют «напрашивающуюся»** специфическую особенность NBMA-топологий, которая заключается в том, что IP-адреса можно связывать не с ATM-адресами, а с PVCs.

При этом так же возможны два варианта связывания: статическое, то есть «вручную», и динамическое -- с помощью особого варианта протокола ARP под названием InARP (Inverse ARP).

Включение ATM InARP применительно к определенной PVC на определенном ATM-интерфейсе граничного ATM-устройства позволяет анонсировать через нее IP-адрес этого ATM-интерфейса. В результате, на другой стороне PVC этот IP-адрес будет связан именно с этой PVC, то есть с PVC, через которую он был получен (другой VCL и другие идентификаторы).

6.6.7.4

В АТМ-системах есть аналог DNS -- ANS (ATM Name System).

6.6.8.1

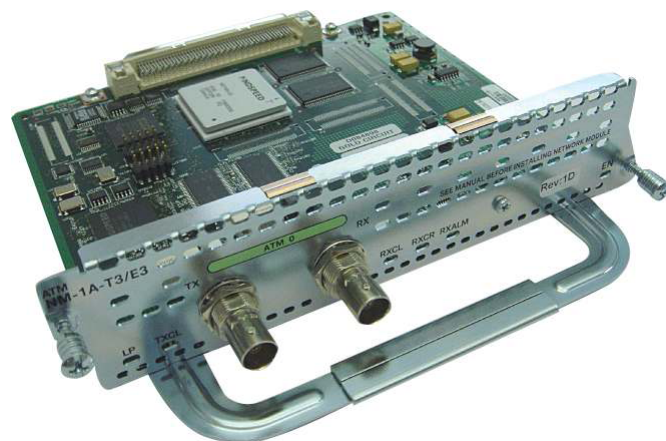
Для отслеживания состояния VCs между оконечными устройствами и коммутаторами, а также VCs между коммутаторами, был разработан специальный интерфейс-протокол, получивший название ILMI (Integrated Local Management Interface) или просто LMI.

ILMI разработан по образу SNMP и позволяет: определять состояние сетевого интерфейса, определять наличие PVCs (создание, удаление, активность), определять соответствие конфигураций непосредственно связанных устройств, собирать статистику; плюс расширить возможности мультикаст- и глобальной адресации.

ILMI базируется на периодическом обмене сообщениями (keepalives) (по умолчанию 5 s).

За ILMI по умолчанию закреплена пара VPI/VCi равная 0/16 (можно переназначить).

6.6.9.1



ATM-адаптер [eBay], ATM-модуль и ATM-коммутатор LightStream 1010 [Cisco]

6.6.10.1a

Пример создания двух PVCs со статическим связыванием на маршрутизаторе Cisco для взаимодействия с двумя другими маршрутизаторами.

6.6.10.1b

```
Router(config)#interface atm1/0
Router(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#atm pvc 2 0 200 aal5snap
Router(config-if)#atm pvc 3 0 300 aal5snap
Router(config-if)#map-group ATM-PVC-MAP1
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config)#map-list ATM-PVC-MAP1
Router(config-map-list)#ip 192.168.0.2 atm-vc 2 broadcast
Router(config-map-list)#ip 192.168.0.3 atm-vc 3 broadcast
Router(config-map-list)#exit
```

```
Router(config-if)#pvc ISP 0/400
Router(config-if-atm-vc)# ...
```

```
Router(config)#interface atm1/0.1 multipoint
Router(config-subif)# ...
```

Команды IOS

6.6.10.2a

Пример включения InARP.

6.6.10.2b

```
Router(config)#interface atm1/0
Router(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#atm pvc 2 0 200 aal5snap inarp 5
Router(config-if)#atm pvc 3 0 300 aal5snap inarp 5
Router(config-if)#exit
```

6.6.10.3a

Примеры создания SVCs со статическим связыванием и с выделенным ARP-сервером.

6.6.10.3b

```
Router(config)#interface atm1/0
Router(config-if)#atm pvc 4 0 5 qsaal
Router(config-if)#atm nsap-address 11.1111.0000.0000.0000.0000.0000.0000.00
Router(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#map-group ATM-SVC-MAP1
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config)#map-list ATM-SVC-MAP1
Router(config-map-list)#ip 192.168.0.2 atm-nsap 22.2222.0000.0000.0000.0000.0000.0000.00 broadcast
Router(config-map-list)#ip 192.168.0.3 atm-nsap 33.3333.0000.0000.0000.0000.0000.0000.00 broadcast
Router(config-map-list)#exit
```

```
Router(config)#interface atm1/0
Router(config-if)#atm pvc 3 0 5 qsaal
Router(config-if)#atm nsap-address 11.1111.0000.0000.0000.0000.0000.0000.00
Router(config-if)#atm arp-server nsap 55.5555.0000.0000.0000.0000.0000.0000.00
Router(config-if)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#exit
```


6.6.10.7

PVC можно создать и с помощью команды `pvc` (новый стиль) -- с попаданием в режим конфигурирования PVC, в котором доступны «подробные» настройки (например, режим QoS). Новый стиль может использоваться «параллельно» со старым, но они несовместимы.

6.6.10.8

Касательно NBMA-сегментов (ATM, FR, и прочих), широковещательные пакеты, как и положено, не выходят за рамки PVC -- и даже это нужно разрешать при создании PVC в IOS.

6.6.10.9

На маршрутизаторах Cisco поддерживается два вида подинтерфейсов ATM:

1. Point-to-point.
2. Multipoint.

Подинтерфейс point-to-point отличается от подинтерфейса multipoint тем, что он может терминировать только одну VC.

Вид подинтерфейса можно изменить только в результате повторного создания после удаления и перезагрузки.

IP-адреса подинтерфейсов вполне могут сосуществовать с IP-адресом интерфейса (неперекрывающиеся подсети, разные PVCs).

6.6.10.10

Для просмотра состояния подсистемы АТМ предназначены команды группы `show atm`. Основные: `show atm pvc`, `show atm vc`, `show atm map`, `show atm ilmi-status`.

6.6.10.11

Router#show atm vc

Interface	VCD / Name	VPI	VCI	Type	Encaps	SC	Peak Kbps	Avg/Min Kbps	Burst Cells	Sts
1/0	2	0	5	PVC	SAAL	UBR	45000			INAC
1/0	1	0	10	PVC	SNAP	UBR	45000			UP
1/0	3	0	16	PVC	ILMI	UBR	45000			UP
1/0	6	0	45	SVC	SNAP	VBR	128	64	0	UP
1/0	ATLANTA	1	10	PVC	SNAP	CBR	1024			UP

Команды IOS