

Исследования корпоративной сети БГЭУ, построенной по иерархическому принципу с использованием коммутаторов показали, что сеть является работоспособной и удовлетворяет современным требованиям, предъявляемым к компьютерным сетям.

Следует также отметить ее масштабируемость и гибкость, позволяющие наращивать требуемое коммуникационное оборудование и подключать дополнительные компьютеры.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерная сеть высшего учебного заведения должна обеспечивать надежную и быструю передачу различных объемов данных между удаленными друг от друга структурными подразделениями.

Корпоративная сеть высшего учебного заведения, построенная как однородная разделяе-

мая сеть, не может обеспечить требуемую пропускную способность и является не работоспособной.

Иерархическая сеть с использованием коммутаторов наиболее полно удовлетворяет требованиям, предъявляемым к корпоративным сетям высшего учебного заведения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1].Кульгин М. Технология корпоративных сетей. Энциклопедия. – Санкт-Петербург: Питер, 2000.- 704 с.
- [2].Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – Санкт-Петербург: Питер, 1999.- 672 с.
- [3].Гук М. Аппаратные средства локальных сетей: Энциклопедия. – Санкт-Петербург: Питер, 2000.- 620 с.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УСЛУГИ В РЕГИОНАЛЬНЫХ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИИ

В.М. Воробьев

Институт проблем передачи информации РАН, Большой Каретный пер,19, Москва, 101447, РОССИЯ, vorobiov@iitp.ru

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены вопросы реализации интегральных услуг в региональных научно-образовательных сетях пакетной коммутации. В качестве основы для построения таких сетей предлагается экономически эффективная модель, предусматривающая использование комбинации протоколов, основой для которой является использование технологии Ethernet. Проведен анализ условий применения технологий сетей передачи данных локального (корпоративного уровня) Ethernet для построения сети масштаба региона. На основе анализа предложен ряд комбинаций сетевых технологий, отвечающих задаче создания экономически эффективных региональных научно-образовательных сетей с интегральными услугами.

1. ВВЕДЕНИЕ

Как известно вначале Интернет представлял собой объединение научно-образовательных сетей передачи данных, в которые входили научные и образовательные учреждения, распределенные по территории университет-

ского городка (кампусные сети), города, страны. На этих сети происходила отработка технических решений, которые составили основу технологии Интернет. В настоящее время научно-образовательные сети, находясь на переднем крае по использованию новейших телекоммуникационных и сетевых технологий, стали необходимым условием полноценного функционирования научных и образовательных учреждений региона.

Удовлетворение потребностей в информационном обеспечении других частей общества региона (бизнес-сообщества, населения) происходит, как правило, за счет развития сетей передачи коммерческих провайдеров масштаба города и региона. Научно-образовательные сети и сети традиционных операторов связи находятся в постоянном развитии и каждая из этих сетей имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при построении эффективной и экономически выгодной сети регионального масштаба.

2. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СЕТИ ТРАДИЦИОННЫХ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ

Традиционно работая в области обеспечения телефонных услуг, операторы связи вынуждены учитывать быстрое развитие телекоммуникационных инфраструктур и услуг, связанных с передачей данных.

Региональные транспортные сети приобретают особое значение для операторов связи, поскольку являются важнейшим средством в конкурентной борьбе за конечного пользователя и за новые возможности развития бизнеса.

Концепция городских и региональных сетей связана с развитием компьютерных сетей. В начале 90 х годов появились понятия: локальной вычислительной сети (ЛВС), территориально-распределенной сети (WAN), городской сети (MAN) и региональной (RAN). ЛВС, как правило является сетью предприятия. Связывающая такие сети инфраструктура в пределах города отвечает понятию городской сети MAN. В регионе - RAN.

Сеть оператора связи состоит из некоторого количества телекоммуникационных узлов, в которых расположены телефонные коммутаторы, устройства сети передачи данных и сервера доступа, позволяющие клиентам подключаться к сети передачи данных.

Узлы связи связаны между собой цифровыми каналами, при этом решаются две основные задачи: объединение телефонных коммутаторов и устройств сети передачи данных. Цифровые каналы связи могут арендоваться у владельца транспортной сети, но большинство операторов предпочитают строить собственную опорную сеть.

Исходя из степени готовности технологии, приоритетности задачи телефонии над передачей данных основными технологиями для построения высокоскоростных опорных сетей операторами связи являются технологии SDH и ATM. Каждая из этих технологий предполагает использование мультиплексоров или коммутаторов, работающих на оптоволоконных каналах связи большой протяженности.

У этих технологий есть свои преимущества и недостатки.

Так главным достоинством технологии SDH является хорошо отлаженное оборудование, недостатком - статическое распределение полосы пропускания каналов связи.

Основные преимущества технологии ATM - динамическое распределение пропускной способности каналов связи и наличие разных клас-

сов качества обслуживания потоков данных (QoS). И то и другое повышает экономическую эффективность использования сети за счет оптимизации загрузки ее каналов.

К недостаткам ATM относят довольно высокую стоимость коммутаторов и необходимость использовать специальные протоколы эмуляции каналов для транспортировки трафика реального масштаба времени, каковым является в частности, трафик межстанционных соединений.

Как показал опыт применения ATM технологии в РФ, из экономических соображений приобреталась аппаратура ATM, не соответствующая всем функциональным возможностям технологии. Причины этого явления в высокой стоимости оборудования ATM и подготовки специалистов. В результате, как правило, оборудование ATM используется для статического, а не статистического мультиплексирования.

3. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

Использование традиционной региональной инфраструктуры операторов связи для развертывания научно-образовательной сети регионального масштаба имеет свои ограничения, связанные с тем, что при построении сети оператор (операторы) сети связи исходит(ят) из иной модели по сравнению с моделью построения научно-образовательной сети.

Оператор связи при внедрении новых услуг ориентируется на окупаемость затрат на внедрение новых услуг за сравнительно короткий период времени. Научно-образовательные сети направлены на поддержание высоких стандартов информационного обеспечения научной и образовательной деятельности в регионе, одновременно являясь полигоном для перехода на новые сетевые технологии.

Так в рамках ряда программ РФ, США и Европейского союза предусматривается развертывание новых сетевых технологий, которое в коммерческих сетях на данном этапе развития сетевых технологий экономически нецелесообразно или их применение связано со специфической научной или образовательной деятельностью. Это могут быть учебные видеоконференции, проведение совместных экспериментов в реальном масштабе времени на уникальных научных установках, обработка данных графической информации (например, фотографии в радиологии) совместная работа над проектом, дистанционный научный эксперимент, суперкомпьютерные вычисления и т.д.).

Наметилась тенденция того, что новые приложения становятся связанными с реализацией режима реального времени. Отсюда возникает задача реализации интегральных услуг в научно-образовательной сети передачи данных региона. Важность этой задачи обуславливается тем, что построение такой сети становится вопросом экономического развития регионально-го уровня.

Так вопросы развития современной телекоммуникационной инфраструктуры остро стоят на повестке дня в городах -научоградах РФ, в которых преобладают наукоемкие производства. В таких городах в настоящее время проживает 3 млн. человек. Научно-образовательная деятельность в таких сообществах определяет необходимость построения городской сети, исходя из передачи данных между пользователями локальных вычислительных сетей научных учреждений и доступа их во внешние сети национального уровня. Учитывая бюджетное финансирование научно-образовательных учреждений, необходимость снижения расходов на процессы управления в городе, необходимость удовлетворения информационных потребностей научно-образовательного сообщества, развитие и предоставление такого жизненно-важного сервиса должно вестись на отличной от деятельности оператора связи основе.

3. РЕГИОНАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ КОММУТАЦИИ ПАКЕТОВ

Решением этой проблемы может быть как строительство оптоволоконной кабельной системы опорной сети [1], так и использование радиосетей [3] в рамках региональной сети передачи данных для образования и науки.

Для организации региональной сети предлагается использовать технологии, которые ранее использовались и сейчас используются на уровне предприятий.

3.1. Технологии Ethernet и оптоволоконная техника

На сегодняшний день 90% сетей - сети Ethernet. Технология Ethernet получила развитие в виде нескольких стандартов Fast Ethernet, 1 Giga Ethernet и стандарта 10 Giga Ethernet, который должен быть принят в следующем году. Кроме того, разработаны стандарты для объединения нескольких портов коммутаторов Fast Ethernet и Giga Ethernet, что позволяет получить в несколько раз большую пропускную

способность в пределах того же стандарта ряда Ethernet.

Появилась возможность использования технологии Ethernet опорных транспортных сетях масштаба города и региона. Вместе с тем переход к услугам гарантийного качества QoS требуют использование Ethernet в комбинации с другими протоколами Рис. 1 (а, б, в).

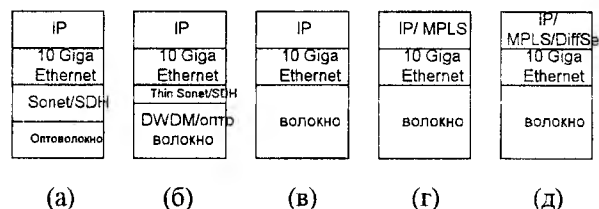


Рисунок 1. Комбинации протоколов для магистрали научно-образовательной сети

Наиболее традиционным является сочетание (а) Sonet/ SDH технологии и оптоволокну. Такое сочетание позволяет использовать замечательные механизмы восстановления сети Sonet/ SDH, поддерживать кольцевую инфраструктуру. Наличие протокола 1 или 10 Giga Ethernet позволяет при объединении локальных сетей предприятий, построенных на 10/100 мбит /сек сетей Ethernet использовать в опорной сети один и тот же формат кадра. Вариант (б) обеспечивает те же возможности, что и предыдущий вариант при использовании Thin Sonet / SDH в комбинации с DWDM или без него. В варианте (в) восстановление работоспособности сети производится за счет механизма Ethernet Spanning Tree. Время восстановления может занимать десятки секунд, в отличие от задержки в 50мсек в случае применения SDH технологии.

Вместе с тем, построение региональной сети в виде сочетаний технологий (в) сулит следующие преимущества:

- по стоимости оборудования: стоимость оборудования Ethernet в 10 раз ниже, чем оборудования по технологии SONET;
- по затратам на обучение: Ethernet простая и хорошо изученная технология на корпоративном уровне;
- по поддержке передачи данных: Ethernet лучшая технология для передачи данных так, как она развивалась одновременно с технологией IP.

Оптические технологии дают возможность использовать Ethernet на больших расстояниях, чем при применении Ethernet в рамках сети учреждения. При использовании одномодового

оптического оптоволокна, оптический Ethernet позволяет на длине волны 1310 нм устанавливать размер сети до 8 км и при длине волны 1550 нм до 60 км без переприема.

Другим механизмом, восстанавливающим работоспособность сети, может быть использование на уровне 3 механизма протокола MPLS (r).

3.2. QoS и оптический Ethernet

К сожалению, ни один из вариантов опорной сети (а,б,в,г) не ориентирован на обеспечение услуг с гарантированным качеством (QoS). Хотя возможность добавления пропускной способности при сравнительно небольших расходах и позволяет избежать перегрузок в такой сети, тем не менее нужен более четкий, предсказуемый и экономически эффективный механизм гарантирования услуг в сети.

В качестве такого механизма можно применить механизм стандарта IEEE 802.1pQ виртуальных сетей LAN (VLAN). Этот стандарт позволяет оптическому Ethernet маркировать каждый поток пользователя при входе в сеть и затем использовать это различие внутри сети.

Стандарт 802.1pQ разрабатывался для корпоративных целей и содержит ограничение на количество VLAN до 4096. Рабочая группа IEEE работает над расширением этого числа до 16 миллионов.

Понятие VLAN исторически связано с переходом от концентраторов к коммутаторам Ethernet в рамках корпоративной сети. В рамках VLAN организуется группа устройств, в которой происходит распространение широковещательного сигнала. Каждый из портов коммутатора может обслуживать собственную VLAN. Технология расширяется при объединении группы портов одного коммутатора с группой портов другого коммутатора. Коммутаторы связаны между собой линиями связи. Для осуществления режима VLAN в этом случае коммутаторы должны различать пакеты разных VLAN при пересылке их между собой.

Существуют по крайней мере три подхода при реализации технологии VLAN:

- выделение фиксированной полосы в линии связи в режиме Time Division Multiplexing (TDM) для каждого из VLAN;
- во втором случае в коммутаторах составляются таблицы локально присоединенных станций (компьютеров), принадлежащих каждой из VLAN и их регулярно обновляют, также как происходит в операциях по маршрутизации IP;

- маркирование (tagging) с тем чтобы маркер был вставлен в каждый кадр данного VLAN, что позволяет определить принадлежность пакета определенному VLAN.

Третий способ становится все более широко используемым. Так протокол VLAN Trunking Protocol (VTP) фирмы CISCO использует форму tagging. Стандартизация такого метода производится в рамках разработки стандарта IEEE 802.1q.

Любой из VLAN коммутатор, поддерживающий IEEE 802.1q должен быть совместим с другим. Виртуальные сети (VLANs) могут быть созданы в сети, в качестве узлов в которых используются коммутаторы IEEE 802.1q, при этом на уровне 2 определенные MAC адреса могут автоматически объединены в общий VLAN.

При использовании уровня 3 создание VLAN может проводиться по виду протокола или адресов. Группа, членам которой обеспечен доступ информации в режиме multicast, включается в VLAN согласно списку рассылки.

Следующим шагом является использование уровня 4, что должно позволить производить для определенных приложений организацию VLAN на базе идентификации полей UDP и TCP кадров. Переход на использование более высоких уровней обслуживания связан с ориентацией на обслуживание.

Большую гибкость опорной городской сети может придать применение обработки сетевого трафика на уровне пакета DiffServ (InterServ) или потока MPLS.

Каждый из входящих в сеть пакетов в сеть по информации, полученным в точки отправления пакета, получает метку об уровне обслуживания. Пользователь при заключении соответствующего соглашения с провайдером городской сети получает гарантированную пропускную полосу. Трафик поддерживается в пределах гарантированной пропускной способности до тех пор, пока не произойдет переполнение ресурсов, требуемых для поддержания гарантированного качества для всех абонентов сети. В рамках реализации опорной сети в виде IP/MPLS /Ethernet между клиентами сетей A,D устанавливается виртуальный канал, состоящий из виртуального канала VLAN Ethernet в сетях доступа и виртуального канала между граничными маршрутизаторами M1 и M2 (Рис. 2). При реализации сети таким способом, в зависимости от масштаба сети, существует возможность строить различные сценарии развития этой опорной сети.

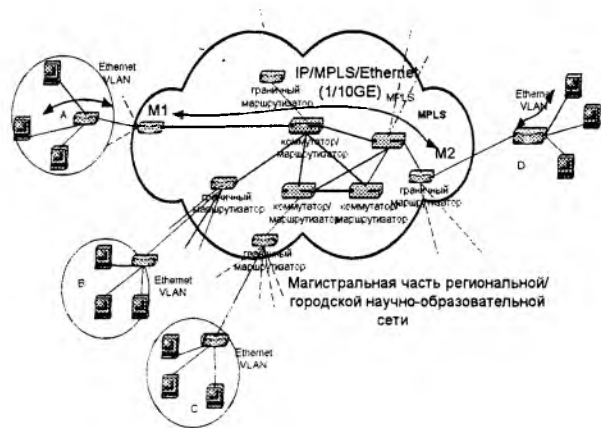


Рисунок 2. Магистраль региональной/городской сети MPLS/ Diff Serv совместно с технологией VLAN Ethernet в сетях доступа A,D предоставляет для абонентов сети A,D услуги с гарантированным качеством

Так на первом этапе развития реализация виртуальных каналов возможна на 2 уровне. Внутри опорной сети появляется возможность применять менее дорогие коммутаторы вместо маршрутизаторов. По мере развития научно-образовательной сети устройства из опорной сети переносятся в локальные сети научных и образовательных учреждений, что позволяет существенно сократить расходы на модернизацию научно-образовательной сети, включая сети доступа (локальные сети учреждений).

3.4. Механизмы восстановления сети

В качестве механизмов восстановления связности в такой сети имеется возможность использовать несколько механизмов.

Можно, например, воспользоваться тем, что оптический Ethernet (10 GE) предполагает использование его в комбинации с SONET /SDH технологий, что позволяет использовать механизмы восстановления связи технологии SONET /SDH (Рис.1(а, б)).

Другое предложение связано с протоколом, который используется в коммутируемых сетях Ethernet - spanning tree. Этот механизм позволяет искать запасные пути при сбое в сети за счет выстраивания соответствующего путевого дерева, в соответствии с которым происходит пересылка информации на 2 уровне. Однако традиционный вариант spanning tree сравнительно медленно работает и время восстановления занимает несколько секунд. Улучшенный вариант алгоритма позволяет уменьшить время восстановления до 1 сек[2].

В [2] были предложены пути увеличения скорости spanning tree за счет того, что при потери связности в логической схеме пути пересылки данных, восстанавливается не все дерево, а только та часть, где произошло прерывание в работе. Эксперименты по работе этого алгоритма в среде Fast Ethernet показали, что время восстановления становится намного меньше и измеряется в десятках мсек. Однако алгоритм не поддерживает в отличие от Sonet /SDH кольцевые структуры. Традиционный алгоритм spanning tree имеет ограничения по его масштабируемости.

Другим гибким и масштабируемым решением является реализация мероприятий по восстановлению связности сети на уровне 3. Одним из предлагаемых решений является применение сравнительно нового протокола MPLS(Multi protocol Label Switching). В случае повреждения сети протокол MPLS определяет альтернативный путь, аналогично действию маршрутизации. Однако из-за того, что при этом используются так называемые метки, которые пакет получает на границе магистральной сети, время восстановления связности в такой сети меньше, чем при использовании протоколов обычных протоколов маршрутизации IGP. При этом поддержка протокола MPLS может происходить как на уровне контроллеров, так и программного обеспечения как части операционной системы, а также маршрутизаторов или firewalls.

С точки зрения безопасности реализация MPLS на уровне 2 обеспечивает защиту не хуже защиты, обеспечиваемой в ATM или frame-relay технологиях. Реализация в городских системах механизма защиты более высокого уровня (таких как IP sec VPN -triple-DES encryption) создает дополнительную ощутимую нагрузку на оборудование сети ,снижает общую пропускную способность сети.

3.5. Механизмы обеспечения интегральных услуг: MPLS + DiffServ (IntServ)

MPLS позволяет задействовать механизмы DiffServ и InterServ, комбинация которых отвечает требованиям разного класса обслуживания: реальный масштаб времени, видео, видеоконференции и т.д. в рамках мультисервисной сети.

Переход к мультисервисной IP сети становится возможным при использовании комбинации таких подходов как Diff Serv , Intr Serv и MPLS[4].

На Рис.3 показан вариант магистральной сети (коммутаторы LSRj) на базе протокола MPLS, обеспечивающий объединение сетей Intr Serv (ER1 и ER2) и сетей Diff Serv (BR1 и BR2). Магистральная часть представляет собой сеть MPLS через которую производится пересылка пакетов, соответствующих разным протоколам, по которым в свою очередь могут работать сети доступа (корпоративные сети научно-образовательных сетей).

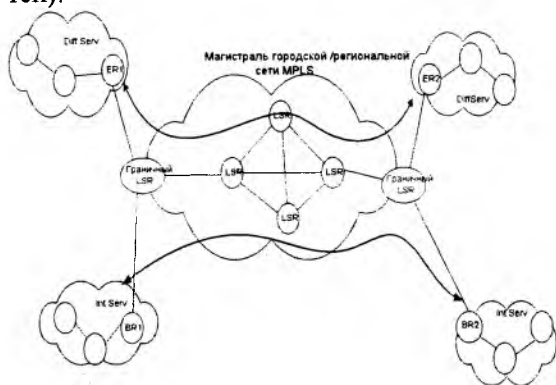


Рисунок 3. Магистральная сеть MPLS обеспечивает взаимодействие сетей Diff Serv и Intr Serv

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимость интегральных услуг в научно-образовательных сетях связана с появлением новых приложений. Эти приложения требуют реализации режима реального времени в рамках сетей передачи с коммутацией пакетов. В научно-образовательных сетях на городском / региональном уровне предлагается использовать технологию, которая ранее использовалась в локальных вычислительных сетях. Для научно-образовательных сетей применение комбинаций сетевых технологий на основе Ethernet, является экономически эффективным техническим решением.

Собственная инфраструктура научно-образовательной сети, построенная с применением оптоволоконной технологии позволяет эффективно переходить к использованию новых приложений за счет смены конечных устройств в ряду стандартов технологии Ethernet.

Использование арендуемых каналов оператора связи предлагается вести в рамках механизма виртуальных каналов связи.

При построении научно-образовательной сети эффективным решением по созданию собственной телекоммуникационной составляющей является использование беспроводных технологий. В ИППИ РАН РФ [3] накоплен большой опыт по применению таких технологий для целей образования и науки в рамках реализации проектов межведомственной программы «Национальной сети компьютерных телекоммуникаций для науки и образования».

Собственная радиосеть позволяет в пределах городской (региональной) сети применять режим подключения абонента в любом месте сети (mobile IPv6[5]).

Создание магистральной сети на базе оптического Ethernet для городских и региональных масштабов, использование механизмов виртуальных сетей (virtual LANs, DiffServ (IntServ), MPLS) и беспроводной сети Radio Ethernet обеспечивают экономное и эффективное развитие мультисервисных сетей регионального уровня.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Воробьев В.М. Методы и средства создания региональных информационных сетей (на примере наукограда Обнинск) *Международная конференция по проблемам управления*, Москва, том 3, 1999, с.188-189
- [2]. Воробьев В.М. Мультимедийный сервис в городских информационных сетях пакетной коммутации, *ICINAS, 2-7 октября, 2000*, Санкт-Петербург, стр.111-121
- [3]. В.М. Вишнеvский, В.М. Воробьев, А.И. Ляхов, Региональные беспроводные сети передачи данных на базе протокола RADIO-ETHERNET :состояние, моделирование, примеры реализаций *Информационные процессы*, том 1,Т1,2001, стр.10-32
- [4]. Rosen et al. Multiprotocol label switching architecture, (draft-ietf-mpls-arch-06.txt), August 1999
- [5]. Вишнеvский В.М., Воробьев В.М. IPv6 в радиосетях передачи данных для образования и науки //Седьмая международная конференция Информационные сети, системы и технологии, Минск, 2001