**ВВЕДЕНИЕ**

Процес развития перспективных мультисервисных телекоммуни- кационных систем (ТКС), являющихся базой для создания и использования сетей следующего поколения (Next Generation Network, NGN), существенно зависит от развития их средств управления. К основным таким средствам относят механизмы управления трафиком, который представляет собой информационный ресурс, а также средства распределения пропускной способности каналов связи, являющейся канальным ресурсом ТКС.

Эффективным средством удовлетворения противоречивых требований по обеспечению гарантированного качества обслуживания и сбалансированной загрузки ресурсов ТКС выступает многопутевая маршрутизация, в ходе которой пакеты одного трафика могут передаваться одновременно вдоль нескольких путей, обеспечивая сбалансированную загрузку ТКС и способствуя повышению, прежде всего, скоростных и связанных с ним вероятностно-временных показателей качества обслуживания. К средствам многопутевой маршрутизации выдвигаются две группы требований. Требования первой группы являются традиционными для любых алгоритмов маршрутизации и предполагают их низкую вычислительную сложность, быструю сходимость и минимальные объемы создаваемого служебного трафика. Вторая группа требований обусловлена необходимостью обеспечения гарантированного качества обслуживания и сбалансированной загрузки ТКС на основе реализации принципов концепций управления трафиком - Traffic Engineering QoS-based (constraint based) Routing и Load-Balancing Routing. В связи с тем, что в большинстве своем приведенные требования по своей природе являются противоречивыми, в настоящее время предложен целый ряд подходов к формализации и решению задач многопутевой маршрутизации, основанных на использовании различных математических моделей и алгоритмов решения возникающих в том или ином виде оптимизационных задач.

**Глава 1.Обзор технология IP и GMPLS.**

* 1. **Место транспортных технологий IP и MPLS в мультисервисных**

**сетях**.

Современному периоду развития телекоммуникационных сетей (ТКС) соответствует все возрастающее увеличение спроса на инфокоммуникационные услуги - услуги связи, предполагающие автоматизированную обработку, хранение или предоставление по запросу информации с использованием средств вычислительной техники, как на входящем, так и на исходящем конце соединения [1].

Развитие сетевых приложений обуславливает необходимость постоянного совершенствования телекоммуникационных технологий, предоставления новых предлагаемых услуг связи. В настоящее время ТКС должны иметь возможность передачи многокомпонентной информации (речь, данные, видео, аудио) с необходимой синхронизацией этих компонентов в реальном времени [2] и гарантированными показателями качества обслуживания.

В условиях экономической нецелесообразности одновременной эксплуатации нескольких сетей (передачи данных, передачи голоса, передачи видео) перспективным является создание мультисервисной ТКС следующего поколения на основе единой сетевой архитектуры и технологий, которая позволит получать все виды сетевых услуг с помощью универсального телекоммуникационного терминала.

1.2 Характеристики транспортных технологий мультисервисных ТКС

Согласно рекомендации МСЭ Y.2001 "Сеть следующего поколения" NGN - это пакетная ТКС, которая способна предоставлять службы/услуги электросвязи и возможность использовать одну либо несколько широкополосных транспортных технологий, обеспечивающих качество обслуживания, и в которой функции, относящиеся к службам, независимы от нижележащих технологий, реализующих транспортировку. NGN позволяет организовать свободный доступ для пользователей, по их выбору, к сетям и к конкурирующим поставщикам служб и/или к службам/услугам. Такая сеть поддерживает обобщенную подвижность, которая будет давать возможность постоянного и повсеместного обеспечения служб для пользователей [2], а также реализует принцип глобальной доступности услуги - 4Any - Any Service - Anywhere - Anyway - Anytime - или любая услуга в любом месте любым способом в любое время. Этим обстоятельством NGN определяет себя как мультисервисная сеть. При этом она имеет существенные возможности для развития и привлечения новых абонентов за счет расширения перечня предоставляемых услуг.

Сеть NGN должна обеспечивать неограниченный набор услуг, предоставлять гибкие возможности по их управлению, персонализации и созданию новых видов сервиса за счет унификации сетевых решений. Исходя из уровневой организации сети NGN (рис. 1.1), предоставляемые услуги и сервисы ни логически, ни физически не зависят от используемой транспортной технологии. Для внедрения новой услуги необходимо лишь добавить новый специализированный сервер, который, благодаря транспортному уровню, становится доступным для всех пользователей, подключенных к сети. Последнее предполагает реализацию универсальной транспортной сети с распределенной коммутацией, вынесение функций предоставления услуг в оконечные сетевые узлы и интеграцию с традиционными сетями связи [3].

Общая структура NGN реализуется именно на транспортном уровне, который основан на технологиях пакетной коммутации. Передача информационных потоков от источника к получателю осуществляется по одному и тому же принципу независимо от их характеристик и типа соединения.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что в случае мультисервисной ТКС все базовые телекоммуникационные услуги строятся на базе единой архитектуры, которая определяет функциональную схему NGN (рис. 1.2).



Рисунок 1.1 - Уровневая архитектура NGN



Рисунок 1.2 - Функциональная схема NGN

Сети NGN, будучи результатом слияния обычных телефонных сетей и сети Интернет, объединяют в себе их лучшие черты:

адаптируемость для передачи трафика любого вида, что можно сравнить с адаптируемостью сети Интернет в противоположность отсутствию гибкости передачи данных в ТфОП;

гарантированное качество голосовой связи и критически важных приложений передачи данных, что отвечает надежности ТфОП в противоположность негарантированному качеству связи в сети Интернет;

низкая стоимость передачи в расчете на единицу объема информации приближается к стоимости передачи данных в сети Интернет, а не ТфОП.

Одним из открытых вопросов при создании мультисервисной NGN сети является соглашение об использовании определенной базовой транспортной технологии с коммутацией пакетов. В качестве технологической базы для построения транспортного уровня мультисервисной сети выделяются технологии и протоколы IP (Internet Protocol), ATM (Asynchrony Transfer Mode), MPLS (MultiProtocol Label Switching) [3, 4], однако предложения по использованию каждой из них или их совокупности имеет лишь рекомендательный характер и не определены строго.

1.3. Особенности транспортного уровня NGN на основе IP-протокола и АТМ технологии

Протокол IP (RFC 791) используется для негарантированной доставки данных, разделяемых на так называемые пакеты от одного узла сети к другому. Это означает, что на уровне этого протокола (третий уровень сетевой модели OSI) не даётся гарантий надёжной доставки пакета до адресата. В частности, пакеты могут прийти не в том порядке, в котором были отправлены, продублироваться (две копии одного пакета), оказаться повреждёнными (обычно повреждённые пакеты уничтожаются) или не прибыть вовсе. Гарантии безошибочной доставки пакетов дают протоколы более высокого (транспортного уровня) сетевой модели OSI - например, TCP - которые IP используют в качестве транспорта.Классическая IP-сеть не дает гарантии доставки информации и определенного уровня ее обслуживания, что обусловлено недостаточной поддержкой качества обслуживания QoS и необходимостью предварительного заказа требуемого сетевого ресурса. Кроме этого, IP протокол обладает превентивными методами приоритезации потоков данных и их управления в условиях неоднородности сетевого трафика при разной длине пакетов.

Однако в последнее время широкую известность приобрела стратегия обслуживания IP-пакетов Differential Services (DiffServ) [4], которая основана на вариациях поля качества обслуживания TOS. Основная идея DiffServ заключается в том, что пользовательские пакеты маркируются на уровне протокола IP как относящиеся к определенному классу обслуживания. Все процедуры фильтрации и маркировки пакетов реализуются на границе между сетями клиента и провайдера, в то время как центральная часть сети провайдера должна дифференцированно обслуживать лишь сравнительно небольшое число классов трафика.

Такая модель является довольно простой. Попадающие в сеть пакеты классифицируются и при необходимости подвергаются на границе сети процессу так называемого кондиционирования. Там же осуществляется маркировка пакетов с учетом их принадлежности к одному из поддерживаемых в сети классов обслуживания, именуемых агрегаторами поведения (Behavior Aggrege, BA). Маркер, идентифицирующий агрегатор поведения, представляет собой кодовое слово (DS CodePoint, DSCP), которое помещается в заголовок каждого IP-пакета. Приоритет и тип обслуживания пакетов в сети DS определяются типом локального поведения (Per-Hop Behavior, PHB). Набор значений кодовых слов DSCP отображается на некоторый набор типов локального поведения. PHB локален в том смысле, что он задает метод локального обслуживания пакета (с тем или иным значением DSCP) маршрутизатором, в котором находится пакет, а точнее - способ обслуживания пакета при его отправке в канал, подключенный к выходному для данного пакета интерфейсу маршрутизатора.

В документе МСЭ Y.2001 приведена рекомендация к использованию в качестве ядра NGN IP-сети. Большим преимуществом IP протокола является распространенность, как самой технологии, так и сетевой техники, работающей на ее принципе, в глобальных и локальных компьютерных сетях и сетях цифровой телефонии. Это обстоятельство делает переход к NGN более «гибким» и незаметным для провайдеров услуг и пользователей сети.

Недостатки протокола IP нивелируются посредством применения в качестве ядра NGN технологии асинхронного режима доставки - АТМ. При использовании ATM все коммутационное оборудование становится однородным, решающим для всех видов информации одну задачу - быстрой коммутации фиксированных пакетов (ячеек), и асинхронного временного разделения ресурсов, при котором множество виртуальных соединений с различными скоростями асинхронно мультиплексируются в едином физическом канале [5, 6].

Сеть ATM, способная транспортировать единым методом все виды информации, позволяет обеспечить:

высокую гибкость и адаптацию сети к изменению уровня требований пользователей к объему, скорости, качеству доставки информации и к появлению требований на предоставление новых услуг, требующих наличия у сети интеллекта;

повышение эффективности использования сетевых ресурсов за счет статистического мультиплексирования множества источников с пачечным графиком;

предоставление провайдерам услуг и конечным пользователям существенно большей теоретической скорости передачи, чем IP протокол.

Однако серьезными недостатками использования АТМ как базовой транспортной технологии NGN являются:

более высокая, по сравнению с IP, стоимость оборудования и сложность адаптации его к уже существующим сетевым решениям;

проблема удовлетворения требований различных служб к временной и семантической прозрачности сети и их адаптация к единому методу переноса.

1.4 Особенности технологии MPLS

В основе MPLS лежит принцип обмена меток [7]. Любой передаваемый пакет ассоциируется с тем или иным классом сетевого уровня (Forwarding Equivalence Class, FEC), каждый из которых идентифицируется определенной меткой. Значение метки уникально лишь для участка пути между соседними узлами сети MPLS, которые называются также маршрутизаторами, коммутирующими по меткам (Label Switching Router, LSR). Метка передается в составе любого пакета, причем способ ее привязки к пакету зависит от используемой технологии канального уровня.

Маршрутизатор LSR получает топологическую информацию о сети, участвуя в работе алгоритма маршрутизации - OSPF, BGP, IS-IS. Затем он начинает взаимодействовать с соседними маршрутизаторами, распределяя метки, которые в дальнейшем будут применяться для коммутации. Обмен метками может производиться с помощью как специального протокола распределения меток (Label Distribution Protocol, LDP), так и модифицированных версий других протоколов сигнализации в сети (например, незначительно видоизмененных протоколов маршрутизации, резервирования ресурсов RSVP и др.).

Распределение меток между LSR приводит к установлению внутри домена MPLS путей с коммутацией по меткам (Label Switching Path, LSP). Каждый маршрутизатор LSR содержит таблицу, которая ставит в соответствие паре «входной интерфейс, входная метка» тройку «префикс адреса получателя, выходной интерфейс, выходная метка». Получая пакет, LSR по номеру интерфейса, на который пришел пакет, и по значению привязанной к пакету метки определяет для него выходной интерфейс. Старое значение метки заменяется новым, содержавшимся в поле «выходная метка» таблицы, и пакет отправляется к следующему устройству на пути LSP.

Вся операция требует лишь одноразовой идентификации значений полей в одной строке таблицы. Это занимает гораздо меньше времени, чем сравнение IP-адреса отправителя с наиболее длинным адресным префиксом в таблице маршрутизации, которое используется при традиционной маршрутизации.

Сеть MPLS делится на две функционально различные области - ядро и граничную область (рис. 1.3). Ядро образуют устройства, минимальным требованием к которым является поддержка MPLS и участие в процессе маршрутизации трафика для того протокола, который коммутируется с помощью MPLS. Маршрутизаторы ядра занимаются только коммутацией. Все функции классификации пакетов по различным FEC, а также реализацию таких дополнительных сервисов, как фильтрация, явная маршрутизация, выравнивание нагрузки и управление трафиком, берут на себя граничные LSR. В результате интенсивные вычисления приходятся на граничную область, а высокопроизводительная коммутация выполняется в ядре, что позволяет оптимизировать конфигурацию устройств MPLS в зависимости от их местоположения в сети.



Рисунок 1.3 - Структура MPLS сети.

Таким образом, главная особенность MPLS - отделение процесса коммутации пакета от анализа IP-адресов в его заголовке, что открывает ряд привлекательных возможностей. Очевидным следствием описанного подхода является тот факт, что очередной сегмент LSP может не совпадать с очередным сегментом маршрута, который был бы выбран при традиционной маршрутизации.

Поскольку на установление соответствия пакетов определенным классам FEC могут влиять не только IP-адреса, но и другие параметры, нетрудно реализовать, например, назначение различных LSP пакетам, относящимся к различным потокам RSVP или имеющим разные приоритеты обслуживания. Конечно, подобный сценарий удается осуществить и в обычных маршрутизируемых сетях, но решение на базе MPLS оказывается проще и к тому же гораздо лучше масштабируется.

Каждый из классов FEC обрабатывается отдельно от остальных - не только потому, что для него строится свой путь LSP, но и в смысле доступа к общим ресурсам (полосе пропускания канала и буферному пространству). В результате технология MPLS позволяет очень эффективно поддерживать требуемое качество обслуживания, не нарушая предоставленных пользователю гарантий. Применение в LSR таких механизмов управления буферизацией и очередями, как WRED, WFQ или CBWFQ, дает возможность оператору сети MPLS контролировать распределение ресурсов и изолировать трафик отдельных пользователей.

Использование явно задаваемого маршрута в сети MPLS свободно от недостатков стандартной IP-маршрутизации от источника, поскольку вся информация о маршруте содержится в метке и пакету не требуется нести адреса промежуточных узлов, что улучшает управление распределением нагрузки в сети.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее перспективным в качестве транспортного ядра мультисервисных ТКС является использование стека IP/MPLS, в совокупности с сигнализационными протоколами маршрутизации и заказа необходимых сетевых ресурсов.

Любая мультисервисная ТКС, независимо от используемой транспортной технологии, образуется путем конвергирования, что связано с гибридизацией сетевых приложений и усложнению всей сети в целом. Соответственно такая ТКС должна обладать эффективными средствами обеспечения QoS. В сети NGN поддержка QoS осуществляется на каждом из ее уровней - в подсистемах административного управления, управления технической эксплуатации, динамического управления и транспортной системы. Действенность данных уровней во многом определяется эффективностью решения задач управления сетевыми ресурсами и соответствующих средств, которые принимают непосредственное участие в процессе функционирования транспортного уровня мультисервисной ТКС, построенной на любой из вышеперечисленных технологий.

1.5 **GMPLS объединяет сетевые уровни.**

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ операторы пытаются повысить эффективность своей деятельности и предложить клиентам дополнительные услуги за счет интеграции пакетных технологий IP и оптических транспортных сред. Но для начала им необходимо разобраться с крайне сложной многоуровневой архитектурой, которая создавалась для поддержки служб IP в сетях, изначально предназначенных для передачи голоса и организации фиксированных каналов. В конечном итоге нужно прийти к такой организации управления трафиком, которая поможет осуществить переход от технологии IP, функционирующей на уровне 3, непосредственно к оптическим транспортным механизмам уровня 1.

Протокол GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) призван удовлетворить эти нужды путем повышения интеллектуальности сетевых механизмов, начиная от оконечных узлов и заканчивая ядром сети.

Предлагаемый IETF стандарт GMPLS находится сегодня в стадии разработки и не получит широкого распространения в течение по крайней мере одного года. Впрочем, технология эта не нова — она базируется на механизмах, возникших в результате развертывания и стандартизации средств MPLS, которые упрощают сетевую архитектуру за счет замены оборудования ATM и frame relay, предназначенного для контроля за прохождением трафика. Технология MPLS повышает масштабируемость сетей IP и улучшает качество обслуживания, создавая коммутируемые по меткам тракты (LSP, Label-Switched Paths) при помощи специальных маршрутизаторов (LSR, Label Switching Routers). Важнейшим преимуществом GMPLS перед MPLS является возможность установления оптических соединений на основе меток на уровне 1.

Механизмы GMPLS могут быть реализованы двумя способами: на основе модели перекрытий (overlay) или одноранговой (peer) модели. В модели перекрытий, называемой также UNI, маршрутизатор является клиентом оптического домена и взаимодействует только с непосредственно примыкающим к нему оптическим узлом. В рамках такой модели физический маршрут светового луча определяется оптической сетью, а не маршрутизатором.

В одноранговой модели уровень IP/MPLS обладает теми же полномочиями, что и уровень оптической передачи. Иными словами, маршрутизаторы IP способны полностью определять весь маршрут соединения, включая и те его отрезки, которые проходят через оптические устройства.

Основная задача GMPLS в обоих случаях заключается в расширении сферы действия технологии коммутации по меткам и ее переносе от маршрутизаторов на оптический уровень, где решения о дальнейшей пересылке пакетов принимаются на основании временных интервалов, длин волн и физических портов (в терминологии GMPLS — «неявных меток»), а не содержимого пакета. Технология GMPLS устанавливает равноправные отношения между оптическими доменами за счет поддержки новых классов LSR.

Наиболее существенными аспектами технологии GMPLS являются способы выдачи запросов и организации пересылки меток, выделения пропускной способности и выявления ошибок в сети.

Для поддержки различных типов связи (нормальной, беспакетной и смежных соединений) стандарт GMPLS использует расширения Interior Gateway Protocol (IGP). Если узлы на обоих концах канала способны принимать и передавать пакеты, GMPLS определяет такую связь как нормальное соединение. Если нет — как беспакетное соединение. Если LSR создает и поддерживает маршрут с коммутацией меток, LSP можно определить в IGP в качестве примыкающего пути. Важное свойство подобного подхода заключается в том, что GMPLS определяет иерархию LSP. Это позволяет поддерживать вложенную структуру трактов при формировании пути прохождения трафика. Данная функция аналогична механизму объединения меток в MPLS, благодаря которому небольшие LSP объединяются в более крупные. Операции, предусмотренные технологией GMPLS, во многом похожи на операции над трактами LSP в пакетных сетях, которые, по сути, являются виртуальным представлением физических маршрутов движения пакетов.

При формировании иерархии GMPLS маршруты LSP, которые начинаются и заканчиваются в узлах с коммутацией пакетов, размещаются в нижней части структуры, затем в восходящем порядке следуют коммутирующие узлы TDM, узлы лямбда-коммутации и узлы волоконно-оптической коммутации.

Технология GMPLS должна помочь провайдерам динамически распределять производительность оборудования и пропускную способность каналов, улучшить способность сети к самовосстановлению и уменьшить операционные затраты. Новые коммерческие службы (например, оптические VPN) также могли бы быть построены на основе GMPLS. Еще одно преимущество заключается в поддержке GMPLS открытых стандартов. Это позволит операторам при построении сетей выбрать наилучшее из представленного на рынке оборудование.

Спрос на механизмы GMPLS будет расти по мере увеличения объема трафика в сетях IP и появления новых сервисов. Впрочем, проблемы по-прежнему остаются. Производителям необходимо определить условия взаимодействия, которые способствовали бы дальнейшему продвижению GMPLS, и рассказать клиентам о преимуществах данной технологии. А компаниям, желающем добиться максимальной отдачи от построенной сетевой инфраструктуры, необходимо ликвидировать организационные барьеры, отделяющие оптические транспортные магистрали от административных доменов IP.

**Глава 2.Математические модели балансировки информационных ресурсов в технологиях IP и MPLS**

В настоящее время наиболее распространенными средствами управления сетевыми ресурсами в мультисервисных ТКС следующего поколения являются протоколы и алгоритмы динамической маршрутизации. Они обеспечивают управление и балансировку пользовательского трафика, а также канальных ресурсов ТКС на сетевом уровне эталонной модели взаимодействия открытых систем с целью обеспечения заданного уровня QoS.

**2.1 Особенности однопутевой и многопутевой маршрутизации**

Чаще всего по принципу работы протоколы маршрутизации классифицируются на дистанционно-векторные и протоколы состояния канала. Дистанционно-векторные протоколы маршрутизации (основанные на алгоритме Беллмана-Форда) определяют для каждого локального маршрутизатора правила отправления всей таблицы маршрутизации или ее частей соседним маршрутизаторам, что реализует преимущественно децентрализованную стратегию управления сетевыми ресурсами. Протоколы маршрутизации по состоянию канала (основанные на алгоритме Дийкстры) распространяют информацию о маршрутах по всем узлам объединенной сети. Однако каждый маршрутизатор посылает только ту часть таблицы маршрутизации, которая описывает состояние его собственных каналов, что реализует гибридную стратегию управления.

Наиболее известным и популярным дистанционно-векторным протоколом маршрутизации является протокол RIP (Routing Information Protocol) [4], в рамках которого определение лучшего маршрута происходит на основе простой метрики - количестве переприемов (хопов). Такой подход определяет основной недостаток использования протокола RIP в крупномасштабных ТКС - ограниченность числа сетевых переприемов до 15 устройств. Кроме этого, обновление маршрутных таблиц происходит периодически и не зависит от их актуальности и полноты, что приводит к нерациональному повышению объемов передаваемой служебной информации, способной полностью загрузить некоторые низкоскоростные каналы.

Также, исходя из своей единичной метрики, протокол RIP не обеспечивает достаточную гибкость определения наилучшего маршрута следования пакетов, особенно в случае составных ТКС, содержащих каналы с различной ПС, а также балансировку нагрузки по путям с одинаковой и неравной стоимостью. Эти обстоятельства привели к широкому использованию протокола IGRP (Interior Gateway Routing Protocol), представленного корпорацией Cisco, который поддерживает 255 сетевых переприемов, что обеспечивает его корректную работу в крупномасштабных ТКС.

Протокол маршрутизации IGRP использует относительно сложную метрику, состоящую из показателей временной задержки сети, ширины полосы пропускания и надежности канала, загрузки тракта (маршрута) передачи. Общая метрика выглядит следующим образом:

 (2.1)

где  - ПС;

 - задержка передачи;

 - загрузка тракта передачи;

 - надежность.

Стоит отметить, что показатели композитной метрики учитываются в виде коэффициентов, которые можно административно изменять. В отличие от RIP протокол IGRP предусматривает широкий диапазон значений для своих показателей (надежность и нагрузка - до 255, ширина полосы пропускания - до 10 Гбит/с, задержка - значение до 24-го порядка), что позволяет производить удовлетворительную регулировку общего показателя объединенной сети с большим диапазоном изменения характеристик производительности.

Дополнительная гибкость ІGRP может быть обеспечена поддержкой балансировки нагрузки по маршрутам с равной и неравной стоимостью (многопутевая маршрутизация). Коэффициент использования трактов передачи с неравной стоимостью прямо пропорционален значению их композитной метрики (2.1). Применение многопутевой маршрутизации в протоколе IGRP обычно определяется дисперсией отклонения метрик маршрутов от их оптимального значения, обычно задаваемого административно.

Однако, несмотря на то, что рассмотренный протокол маршрутизации IGRP был одним из первых, что были ориентированы на поддержку QoS, он не является совершенным. Более эффективными и гибкими, особенно при поддержке заданного уровня QoS, являются протоколы состояния канала.

Наиболее распространенный протокол такого типа - OSPF (Open Shortest Path First), который обеспечивает отправку объявлений о состоянии канала (LSA, Link-State Advertisement) во все маршрутизаторы, которые находятся в пределах одной и той же иерархической области (автономной системы). В данные объявления включается информация о подключенных интерфейсах, об использованных показателях метрики и о других переменных. По мере накопления маршрутизаторами OSPF информации о состоянии канала, они используют алгоритм SPF (алгоритм Дийкстры) для расчета кратчайшего пути к каждому узлу.

Основные преимущества протокола OSPF перед семейством дистанционно-векторных протоколов заключаются в [4] его более высокой скорости сходимости, поддержке бесклассовой маршрутизации и сложных, административно задаваемых метриках, использовании совокупности маршрутов с одинаковой или различной стоимостью. Данные преимущества определяют поддержку в OSPF гарантированного качества обслуживания на основе выбранных показателей.

Протоколы состояния канала характерны также для технологии АТМ (RFC 2386) и в первую очередь направлены на поддержку гарантированного качества обслуживания в пределах постоянных и коммутируемых соединений. Наиболее распространенным протоколом маршрутизации в АТМ является PNNI (Private Network to Network Interface), определенный спецификацией ATM Forum af-pnni-055.000. Данный протокол определяет правила передачи служебных уведомлений для распределенного построения топологической карты сети, на основании которой происходит выбор наилучшего маршрута передачи ячеек между узлом-отправителем и узлом-получателем. По выбранному пути производится установка постоянного либо коммутируемого виртуального соединения с поддержкой заданного уровня качества обслуживания, что определяется использованием QoS-совместимой композитной метрики, которая состоит из следующих показателей:

1. Доступная скорость передачи (AvCR, Available Cell Rate);

2. Максимальная задержка тракта передачи (MaxCD, Maximum Transfer Rate);

3. Максимальная скорость передачи тракта (MaxCR, Maximum Cell Rate);

4. Административный стоимостный коэффициент (AW, Administrative Weight);

5. Процент потери АТМ-ячеек (CLR, Cell Loss Ratio);

. Разброс задержек тракта и его окружения (CDV, Cell Relay Variation).

Протокол PNNI осуществляет выбор наилучшего пути узлом-отправителем и полностью поддерживает QoS-совместимую архитектуру АТМ, поэтому для маршрутизации в данной технологии не нужно использовать дополнительные программные либо аппаратные средства.

Описанные протоколы базируются на графокомбинаторных алгоритмах однопутевой маршрутизации, таких как алгоритмы Дийкстры, Беллмана-Форда и т.п., которые имеют похожий формализм.

Например, основная идея алгоритма Беллмана-Форда [9] заключается в том, чтобы найти сначала «веса» кратчайших путей от вершины-источника  к другим вершинам, при условии, что они содержат не больше одной дуги, потом «веса» кратчайших путей, при условии, что они содержат не больше 2 дуг и т.д. Кратчайший путь, при условии, что он содержит не больше  дуг, носит название кратчайшего -пути. На каждой итерации для каждой пары вершин выполняется следующая операция:

, (2.2)

где  - «вес» кратчайшего -пути от вершины  к вершине ;

 - «вес» дуги между вершинами  и .

Как можно заметить, недостатки описанного алгоритма и ему подобных определяются ограниченными возможностями обеспечения сбалансированной загруженности отдельных участков ТКС и всей сети в целом, а также поддержки QoS по нескольким показателям.

Многопутевая маршрутизация (МПМ), в отличие от однопутевой, поддерживает методы балансировки поступающей нагрузки, что выражается в передаче одного информационного потока вдоль различных путей одинаковой или разной стоимости. Данное обстоятельство обеспечивает сбалансированную загрузку сетевых ресурсов и приводит к повышению эффективной ПС трактов ТКС, улучшению скоростных и вероятностно-временных показателей сети [10]. Алгоритмы многопутевой маршрутизации адаптированы под известные протоколы с поддержкой балансировки: IGRP, OSPF. Наиболее известные из них:

1. ECMP (Equal CostMultipath). Алгоритм расчета путей равной стоимости. Может использоваться в расширениях протокола OSPF, оптимизированного под многопутевые решения.

. MPA (Multiple PathAlgorithm). Алгоритм нахождения мультипутей. Может использоваться в расширениях протокола OSPF, оптимизированного под многопутевые решения.

3. DSPA (Discount Shortest Path Algorithm). Алгоритм отказа от кратчайшего пути. Используется для минимизации задержки пакетов. Учитывает количество и независимость (не пересекаемость) путей в сети.

. CRA (Capacity RemovalAlgorithm). Используется для максимизации производительности сети. Учитывает изменение состояния трактов для вычисления путей, максимиирующих поток между узлами.

. DASM (Diffusing Algorithmfor ShortestMultipath). Обобщает алгоритмы Дийкстры/Шолтена, гарантирует отсутствие петель в рассчитываемых многопутевых таблицах маршрутизации и обеспечивает балансирование загрузки ресурсов сети.

6. ROAM (Routing On-Demand AcyclicMultipath). Алгоритм маршрутизации по требованию, который поддерживает многопутевой способ доставки пакетов без образования петель. Рассчитывает множество независимых путей доставки. Устранена проблема поиска в бесконечность.

. MDVA (multipath distancevector algorithm). Обобщает распределенный алгоритм Беллмана-Форда на случай расчета множества кратчайших путей.

. MPATH (MultipathRouting Algorithm). Обобщает дерево кратчайших путей, получаемых в рамках алгоритмов Дийкстры и Беллмана-Форда, в граф кратчайших мультипутей различной стоимости.

9. MPDA (MultipathPartial DisseminationAlgorithm), QMPDA (Quality MultiplePartial DisseminationAlgorithm). Алгоритмы с частичным распространением информации о состоянии сети. Они обеспечивают расчет множества безпетельных путей с учетом изменения состояния трактов сети, в т.ч. при выходе их из строя (QMPDA). Синхронизация информации о состоянии сети ограничена одним переприемом. QMPDA также поддерживает различные классы обслуживания трафиков.

Основная идея многопутевых алгоритмов маршрутизации заключается в нахождении множества кратчайших путей (графа), представленного в следующем виде:

 (2.3)

где  - множество вариантов передачи пакетов от узла  к узлу ;

 - множество узлов-соседей -му узлу;

- кратчайшие пути от узла  к узлу 

 - локальная величина дерева кратчайших путей от узла  к узлу .

Выражение (2.3) вместе с условиями устранения петель определяет правила нахождения совокупности маршрутов с наименьшей метрикой для передачи пользовательских информационных потоков.

Наряду с отмеченными достоинствами графокомбинаторных моделей и алгоритмов, стоит отметить ряд важных недостатков, существенно ограничивающих их практическую реализацию в современных мультисервисных ТКС.

Во-первых, согласованное решение задач балансировки нагрузки, маршрутизации и обеспечения QoS в рамках графовых моделей и комбинаторных алгоритмов, оптимизированных под однопродуктовые двухполюсные сети, с ростом числа трафиков (продуктов) в сети наталкиваются на ряд серьезных трудностей описательного и вычислительного характера, так как предполагается, что все сетевые ресурсы выделены одному рассматриваемому трафику.

Во-вторых, основное достоинство рассмотренных моделей, состоящее в простоте и прогнозируемой вычислительной сложности реализации, с ростом количества учитываемых показателей QoS (три 3-х более) сводится к нулю, поскольку задача поиска даже одного кратчайшего пути в этом случае становится NP-полной.

Стоит отметить, что решение маршрутных задач изначально не укладывалось в рамки графокомбинаторных моделей, так как они не позволяют корректно математически описать процессы динамики состояния, обеспечения мультисервиса и гарантированного качества связи более чем по двум показателям. В современных условиях поиск кратчайшего пути (мультипути) для каждого из обслуживаемых трафиков не всегда является даже необходимым (а тем более достаточным) условием успешного решения задач маршрутизации, поскольку по-прежнему остается открытым вопрос распределения ресурсов вдоль каждого из путей. В условиях, когда решение маршрутных задач сложно, а иногда и практически невозможно охватить счетным количеством вариантов, применение комбинаторных алгоритмов становится нецелесообразным, или же их используют совместно с другими методами поиска. Особенно это характерно для задач, в которых кроме параметров сети необходимо учитывать множество внешних факторов, например параметры информационных потоков.

Несмотря на ограниченность возможностей графокомбинаторных математических моделей, отсутствие жестких требований к качеству решения маршрутных задач ранее способствовало широкому распространению подобных алгоритмов. В этой связи графовые модели и комбинаторные алгоритмы МПМ могут рассматриваться лишь как временный (промежуточный) шаг между реализованными на практике и перспективными решениями при удовлетворении комплекса требований, выдвигаемых к мультисервисным ТКС на основе транспортных технологий IP и MPLS.

**2.2 Модели на основе вероятностно-временных графов.**

Для получения аналитических моделей процессов управления сетевыми ресурсами часто используется математический аппарат вероятностно-временных графов (ВВГ) [11]. При использовании ВВГ составляется ориентированный граф, вершины которого соответствуют состояниям моделируемой системы. Пары , описывающие дуги графа, определяют вероятность выбора дуги  () и время ее прохождения (). Для описания траектории системы из начального состояния в конечное вводится функция дуги . Вид этой функции должен быть таким, чтобы при нахождении произведений функций вероятности перемножались, а времена суммировались. Этим условиям удовлетворяет функция вида

, (2.4)

где  - параметр.

Тогда функция последовательности смен состояний моделируемой системы может быть записана в виде

 (2.5)

Функция (2.5) позволяет найти вероятности и времена переходов между любыми состояниями системы (протокола). Для упрощения нахождения производящей функции выполняются эквивалентные преобразования графа. В ходе эквивалентных преобразований из исходного графа убираются промежуточные вершины, а функции дуг изменяются по заданным правилам [11].

Эквивалентные преобразования осуществляются до тех пор, когда можно будет написать производящую функцию, описывающую переход из заданной вершины графа в конечную, т.е. в графе должны остаться только вершины, соответствующие начальному состоянию моделируемой системы, и вершины, соответствующие конечным состояниям.

Аппарат ВВГ определяет следующие характеристики исследуемой системы: среднее время выполнения процесса управления (), описываемого таким графом, дисперсия () и вероятность достижения определенной вершины (). Данные характеристики определяются по формулам:

транспортный мультисервисный протокол маршрутизатор

;

; (2.6)

.

Аппарат ВВГ является достаточно удобным средством моделирования процессов управления сетевыми ресурсами с учетом влияния внешней среды. Однако данный математический аппарат также имеет ряд недостатков:

данная аналитическая модель позволяет оценить лишь некоторые характеристики системы: вероятность и время наступления некоторого события, а также их дисперсии;

аппарат ВВГ не позволяет корректно описать процессы динамики изменения состояния управляемой системы, обеспечения мультисервисности и гарантированного качества обслуживания одновременно по нескольким показателям;

в сложных системах управления аналитическая модель является громоздкой и не поддается оптимизации.

**2.3 Оптимизационные модели управления сетевыми ресурсами**

В этом случае, при аналитическом описании процессов управления сетевыми ресурсами формулируется оптимизационная задача, в которой в качестве критерия качества выступают некоторые стоимостные критерии или непосредственные показатели качества обслуживания. Критерием может выступать некоторый функционал следующего вида, например [12, 13]:

. (2.7)

где - критерий качества (время задержки, сетевые ресурсы и т.д.).

Проведенный анализ показал, что наиболее адекватными моделями для описания такой системы являются модели измененных состояний (уравнения состояния). В этом случае модель описывается дифференциальным уравнением некоторой степени вида:

, (2.8)

где  - коэффициенты матриц состояния и управления соответственно;  - значение управляющего воздействия, зависящее от значения состояния управляемой системы  и критерия .

Значение критерия определяется функционалом

, (2.9)

где, , - действительные, симметрические, неотрицательные матрицы, инвариантные во времени; - значение времени, когда цель (минимум ) будет достигнута.

Первое произведение в функционале (2.8) обеспечивает необходимое состояние управляемой системы  в конечный момент времени , второе произведение значение системы  вдоль траектории системы управления ресурсами в интервале (), третье - определяет ограничения на величину самих управляющих значений .

Оптимальная траектория системы управления определяется во время минимизации гамильтониана  вдоль этой траектории:

, (2.10)

где .

При выполнении условия (2.10) значение оптимального управления находится как

, (2.11)

где  - конечное состояние управляющей системы.

Данный метод аналитического моделирования имеет ряд существенных недостатков:наличие большого количества ограничений (закон сохранения потока, условие отсутствия перегрузок сетевых узлов и трактов передачи) приводит к созданию моделей, неадекватных реальным образцам;

полученная модель управления является детерминированной; при рассмотрении стохастических процессов аналитическая модель становится громоздкой и имеет малую описательную возможность;

позволяет учесть лишь небольшое количество критериев управления.

**2.4 Потоковые модели многопутевой маршрутизации.**

Потоковые модели занимают ключевое место в средствах математической формализации задач МПМ поскольку в настоящее время на практике трафик (аудио, видео) носит четко выраженный потоковый характер. Наглядность и логическая обоснованность этих моделей нередко позволяет выработать новый и довольно естественный подход к решению поставленной задачи, позволяющий определить пути последующего прикладного анализа.

Большинство потоковых задач могут быть сформулированы в форме задач математического (линейного, целочисленного, нелинейного) программирования [14, 15]. В ряде важных случаев удобнее решать подобные задачи сетевыми методами в терминах распределения потока на графах. Важно отметить, что при использовании потоковых моделей основное внимание уделяется изучению особенностей структуры сети, что играет главную роль в повышении эффективности вычислительных алгоритмов. В значительной степени сетевой анализ основан на теории графов. Однако сетевое моделирование по сравнению с комбинаторными методами расчета графовых моделей ТКС позволяет получить теоретические результаты и вычислительные алгоритмы, в которых более полно производится учет параметров трафиков, что важно при решении задач обеспечения QoS. В сетевых моделях каждая дуга характеризуется тремя параметрами: минимальным значением потока, который может протекать по дуге (нижняя граница); пропускной способностью, которая показывает, какой максимальный поток можно передавать по дуге (верхняя граница); стоимостью передачи единицы потока поданной дуге. При анализе решений задач МПМ нередко возникает необходимость в вычислении оптимального значения функции потока, протекающего от источника к стоку, что, как правило, связано с однопродуктовым потоком, поскольку потоки в дугах сети соответствуют потокам некоторого однородного продукта. Ключевую роль в сетевом моделировании играет теорема о максимальном потоке, предложенная Фордом и Фалкерсоном: для любой сети с одним источником и одним стоком величина максимального потока от источника к стоку равна величине минимального разреза. Алгоритмы, которые находят максимальный поток, кроме того, позволяют определить минимальный разрез. Тем самым, во-первых, для задачи максимизации потока становятся наглядно видны «узкие места», и, во-вторых, появляется возможность решать некоторые задачи об оптимальных разбиениях (разрезаниях) сетей. Выяснилось, что алгоритмы и минимаксные теоремы для различных задач близки друг к другу и фактически являются конкретизациями алгоритма увеличивающих путей и теоремы о максимальном потоке и минимальном разрезе Форда и Фалкерсона. Благодаря этому стало возможным сконцентрировать усилия на построении эффективных потоковых алгоритмов. Некоторые комбинаторные задачи, возникшие как задачи на графах и матрицах, допускают потоковую интерпретацию и могут быть решены посредством одно- или многократного нахождения максимального потока в сети. Потоковый подход к комбинаторным задачам был также развит Фордом и Фалкерсоном и применен к задачам балансировки нагрузки. Для многих задач было установлено важное единообразие как в доказательствах минимаксных теорем - аналогах теоремы о максимальном потоке и минимальном разрезе, так и в методах решения - аналогах метода увеличивающихся путей Форда и Фалкерсона. Тем самым создание новых алгоритмов нахождения максимального потока в сети фактически означает появление новых алгоритмов решения комбинаторных потоковых задач. В отличие от комбинаторных алгоритмов сетевые методы более адаптированы под решение многополюсных и (или) многопродуктовых задач, что связано с одновременным расчетом множества путей в сети. Правда основным средством решения многополюсных задач является редукция к задаче о максимальном потоке в сети с одним источником и одним стоком или к нескольким таким задачам. Потоковые многополюсные задачи (задача нахождения потока максимальной суммарной мощности, задача на допустимость, задача о нахождении допустимого потока максимальной мощности) могут быть непосредственно интерпретированы под задачи МПМ.

В сетях с неориентированными дугами поток по дуге может протекать в любом направлении. В случае, когда поток однопродуктовый, неориентированную дугу можно заменить двумя противоположно направленными дугами. Для переноса рассматриваемых результатов на неориентированный случай достаточно каждую ветвь заменить двумя дугами, инцидентными тем же вершинам, идущими во взаимно противоположных направлениях и имеющими одинаковые пропускные способности. Это можно сделать благодаря тому, что потоки, протекающие по противоположным направлениям, поглощают друг друга. Однако при моделировании многопродуктовых сетей возникают определенные сложности, так как для многопродуктового потока такую замену произвести нельзя ввиду того, что потоки различных продуктов, протекающие по противоположным направлениям, не поглощают друг друга, а суммируются, и суммарная величина потока не должна превосходить пропускную способность дуги. В рамках сетевых моделей задача о максимальном многопродуктовом потоке, так же как и задача о многопродуктовом потоке минимальной стоимости, является весьма сложной. Их решения обеспечены только для ряда специфических случаев. Например, в результате решения задачи (алгоритм Гомори-Ху) определяются максимальные потоки между всеми узлами сети (многополюсный максимальный поток), но без учета влияния друг на друга. Такая же ситуация и в задаче о многополюсной цепи с максимальной пропускной способностью. Разрешимые многопродуктовые задачи в ориентированных сетях сводятся к однопродуктовым многополюсным задачам []. Существует подход, при котором для решения многопродуктовой задачи достаточно решить модельную однопродуктовую задачу, а затем разделить построенный однопродуктовый поток на составляющие. Однако подобный подход в приложении к задачам МПМ не является адекватным. Это проявляется в том случае, когда один и тот же узел является источником и стоком потоков разных продуктов. Результативные решения удалось получить лишь для случая двухпродуктовой неориентированной задачи (задача Ху). Для задачи Ху существует и может быть эффективно построен поток, максимизирующий вместе с суммарной мощностью мощность потока любого продукта.

Подход к потоковому моделированию задач МПМ и балансировки нагрузки в виде решения задач динамического и линейного, в т.ч. целочисленного, программирования предложен в работах [14, 15]. Например, пусть граф G  (M,E) представляет структуру ТКС, где M - множество узлов сети, а E - множество дуг (трактов передачи) ТКС. Для каждой дуги (i, j)  E характерна пропускная способность . Пусть также K - множество обслуживаемых сетью трафиков. Тогда для k K необходимо указать ,  и - требуемую полосу пропускания, узел-источник и узел-получатель соответственно. Для каждой связи (i, j)  E и передаваемого трафика k K величина  характеризует долю требуемой полосы пропускания для этого трафика от пропускной способности тракта. Пусть также величина  представляет собой максимальный порог использования трактов сети. Тогда задачу маршрутизации в сети MPLS с обеспечением требований QoS можно сформулировать следующим образом:

 (2.12)

 (2.13)

где  - доля -го трафика, протекающего в -м канале;

 - интенсивность -го трафика на входе сети;

 - ПС -го канала;

 - максимальный порог использования канальных ресурсов КС.

Описанная выше потоковая модель ТКС в большинстве своем ориентированы на формализацию процессов многопутевой маршрутизации лишь с точки зрения обеспечения сбалансированной загрузки сети. Получаемые в рамках подобных моделей решения действительно способствуют росту общей производительности сети, а также косвенно повышают качество обслуживания пользовательских трафиков данных по показателям пропускной способности. Но в виду того, что не производится учет важнейших вероятностно-временных параметров сети в их взаимосвязи, обеспечение гарантий QoS по временным показателям и показателям надежности не представляется возможным, что, в свою очередь, предполагает необходимость использования более информативных, а значит и более сложных моделей ТКС.

Потоковые модели процессов балансировки сетевых ресурсов в IP-сетях определяются соответствующими используемыми протоколами маршрутизации. Например, модель однопутевой маршрутизации RIP, построенная по принципу нахождения кратчайшего пути по количеству переприемов, базируется на распространенном аппарате систем массового обслуживания [16]. Более сложными и адекватными являются модели многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки по путям равной и неравной стоимости, большинство которых основано на методах линейного программирования. Здесь, чаще всего, в качестве решаемой задачи выступает минимизация функционала следующего вида [17]:

, (2.14)

где  - вектор метрик каналов;

 - вектор интенсивности трафика (1/c).

В случае балансировки по путям равной стоимости все координаты метрического свидетельства равняют единице, т.е. . В модель маршрутизации по путям неравной стоимости заложена следующая метрика:

, (2.15)

где  - пропускная способность канала передачи (1/с).

Размерность и способ нахождения метрики канала  определяется принципом моделируемого протокола маршрутизации с соответствующими ограничениями модели [15]: для случая балансировки нагрузки по путям равной стоимости метрика равна 1, для случая неравной стоимости - определяется для каждого протокола в отдельности.

Кроме необходимости обеспечения сбалансированной загрузки ТКС в рамках потоковых моделей нашел свое применение подход, основанный на использовании теории массового обслуживания с целью учета временных параметров качества обслуживания. С позиции теории массового обслуживания каждый тракт передачи ТКС рассматривается, как правило, в виде модели М/М/1. При этом предполагается, что все каналы связи абсолютно надежны и помехоустойчивы, емкость буферной памяти на узлах

является неограниченной, а время обработки в узлах пренебрежимо мало. Поток, поступающий в сеть, считается пуассоновским, при этом длины всех пакетов предполагаются независимыми и распределенными по показательному закону. Одним из основных моментов является принятие «гипотезы о независимости», предполагающей, что при объединении нескольких потоков в линии передачи сохраняется независимость между интервалами поступления и длинами пакетов.

Распространенной является потоковая модель (модель Галлагера), в рамках которой предполагается в качестве критерия качества решения задачи маршрутизации использовать следующее выражение:

. (2.16)

На координаты вектора  накладывается система ограничений, которая моделирует условия сохранения потока в каждом из сетевых узлов и в ТКС в целом:

 (2.17)

где  - интенсивность трафика на входе в сеть.

Ввиду ориентации модели Галлагера на формализацию процессов маршрутизации статического или квазистатического трафика в работах [15] предложено развитие данной модели и ее адаптация под требования концепции MPLS, но без учета условий QoS. В этих работах описаны подходы к улучшению алгоритма по вычислению им минимальной задержки, а также используются вторые производные, чтобы ускорить сходимость алгоритма Галлагера. Для устранения зависимости от глобальных констант состояния сети и требований к статичности передаваемого трафика в работах предложен комбинированный подход к получению близких к оптимальным решений задачи обеспечения минимальной задержки путем последовательного использования следующих трех процедур:

. Распределенная процедура расчета кратчайшего множества безпетельных путей (кратчайших мультипутей), основанная на комбинаторных методах многопутевой маршрутизации, например MPDA или MPATH.

. Процедура расчета оптимальных потоков в рамках модели Галлагера, основанная на ранее рассчитанном множестве мультипутей.

. Процедура расчета задержек в трактах передачи сети для последующей работы первой процедуры, где они выступают в качестве метрики.

Как показал проведенный анализ, вопросы организации эффективной многопутевой маршрутизации в современных и перспективных ТКС вызывают значительный теоретический и прикладной интерес, о чем свидетельствует значительное число технологических решений и научных публикаций по данной проблеме.

Важно отметить, что технологические решения в области МПМ, основанные на использовании процедур балансировки нагрузки на узлах ТКС, все еще носят эвристический характер, что, в свою очередь, предполагает необходимость их всестороннего теоретического обоснования. При этом ключевым этапом подобного теоретического обоснования выступает этап математического описания ТКС, нацеленный на получение адекватных математических моделей МПМ.

Основываясь на результатах обзора моделей процессов управления сетевыми ресурсами в IP и MPLS, можно констатировать тот факт, что сама постановка задачи многопутевой маршрутизации значительно усложнилась ввиду необходимости комплексного удовлетворения требований к качеству обслуживания и сбалансированной загрузки ТКС. В этой связи наблюдается   
существенное расширение используемых средств математической формализации МПМ - от классических графовых моделей и комбинаторных методов расчета до многомерных симплициальных, тензорных моделей и методов оптимального управления маршрутизацией, которые более полно отвечают вновь выдвигаемым требованиям системного характера.

Согласно проведенному анализу, при моделировании процессов многопутевой маршрутизации в современных и перспективных мультисервисных ТКС наиболее приемлемым представляется подход, основанный на комбинированном использовании возможностей графовых и потоковых моделей МПМ. При этом использование графокомбинаторных моделей позволяет существенно снизить вычислительную сложность получаемых решений за счет предварительного расчета путей доставки передаваемых пакетов. Потоковые же модели традиционно обеспечивают адекватную формализацию решения задач распределения потоков по предварительно рассчитанным путям в соответствии с ограничениями на QoS, полученных на основе использования различных моделей ТКС.

**Глава 3. Исследование моделей балансировки информационных ресурсов**

Важнейшим этапом разработки моделей и методов управления сетевыми ресурсами в ТКС является их экспериментальный количественный и качественный анализ. Применительно к рассмотренным моделям целью данного анализа выступает решение следующих частных задач:

.Получение количественных показателей качества функционирования предложенных моделей управления сетевыми ресурсами.

.Сравнение полученных результатов с соответствующими показателями качества существующих и перспективных протоколов, концепций маршрутизации и их средств управления сетевыми ресурсами в ТКС.

Исследование проводилось с использованием программного продукта   
MatLab 7.

**3.1 Численное моделирование предложенных моделей балансировки**

**информационных ресурсов**

Предложенная имитационная модель включает 18 абстрактных маршрутизаторов, причем 6 из них являются составляющими ядра ТКС, а остальные - приграничными маршрутизаторами (рис. 3.1). Исследования проводились для различной связности узлов (от 2 до 6).



Рисунок 3.1 - Исследуемая структура сети

В ходе исследований сравнительному анализу подверглись следующие

модели управления сетевыми ресурсами, маршрутизации и распределения сетевых ресурсов, построенных с использованием аналитических и имитационных средств моделирования:

М1 - модель однопутевой маршрутизации RIP на основе теории массового обслуживания;

М2 - модель однопутевой маршрутизации RIP на основе ВВГ;

М3 - модель многопутевой маршрутизации по путям равной стоимости IGRP (2.14);

М4 - модель многопутевой маршрутизации по путям различной стоимости протокола OSPF (2.15);

М5 - потоковая модель Галлагера (2.16);

М6 - модель маршрутизации по требованиям TE (2.12 - 2.13).

Результаты численного моделирования в виде зависимостей среднего времени задержки и вероятности блокировки пакетов по оптимальному пути (ям) представлены на рис. 3.2.



а) б)

Рисунок 3.2 - Результаты сравнительного анализа различных моделей управления сетевыми ресурсами

Использование потоковых моделей управления (М5, М6) в сравнении с другими рассмотренными решениями (М1 - М4) в зависимости от выбранных характеристик потока и связности УА позволяет:

снизить среднюю задержку передачи пакетов по оптимальному пути ТКС

относительно лучшей известной модели М4 в среднем на 3 - 12% для модели М5 и на 6 - 25% для модели М6 (рис. 3.2 а);

уменьшить суммарную вероятность блокировки пакетов вдоль оптимального пути ТКС в среднем на 6 - 11% и 6 - 20% для моделей М5, М6 соответственно (рис. 3.2 б).

Данные обстоятельства позволяют повысить производительность предложенной ТКС (рис. 3.1) в среднем на 10 - 15%, 16 - 22%, что показывает эффективность потоковых моделей балансировки нагрузки.

**3.2 Транспортные решения следующего поколения**

Широко распространенные TDM-технологии, базирующиеся в основном на принципах синхронной иерархии SDH (STM-N, VC-n и т.п.), в настоящее время вытесняются:

• на электрическом уровне – технологиями Carrier Ethernet (интерфейсы E/FE, GE, 10GE, 40GE и 100GE) и MPLS-Transport Profile. Эти технологии обеспечат широкие возможности для создания транспортных сетей с пакетной коммутацией операторского класса, ориентированных на установление соединений;

• на фотонном уровне – технологиями оптической транспортной иерархии OTH/OTN, похожими на SDH, но в отличие от нее обеспечивающими прозрачность передачи и кросс-коммутации совокупности TDM- и пакетного трафика в любом сочетании с дальнейшей их передачей по каналам систем с разделением каналов по длине волны оптического излучения (систем со спектральным уплотнением каналов) – WDM.

Сервисные сети IP/MPLS могут предоставлять услуги, соединяясь между собой, с системами опорной сети операторов фиксированной и мобильной связи, с точками присутствия провайдеров услуг, а также с системами широкополосного доступа непосредственно или поверх транспортной сети операторского класса. Пакетные коммутаторы с функциональностью Carrier Ethernet/T-MPLS & MPLS-TP становятся важным элементом транспортного уровня сети, взаимодействуя поверх существующих сетей NG SDH/MSPP и/или прозрачного и гибкого фотонного уровня OTN/WDM. Гибкий автоматизированный WDM-фотонный уровень снабжается программно перестраиваемыми и реконфигурируемыми оптическими узлами ввода/вывода T&ROADM. Эти и другие решения, включая использование интеллектуальных транспортных технологий ASON/GMPLS (Intelligent Optical Core), должны быть масштабируемыми по производительности и открытыми для модернизации.

**3.3 Конвергенция транспортных решений и технологий Ethernet:**

**эволюция к 40G и 100G**

Процессы IP-трансформации стимулировали исследования по увеличению пропускной способности транспортных сетей как для традиционного (TDM), так и для пакетного трафика.

Для существующих систем синхронной транспортной иерархии SDH стандартизованы скорости передачи от STM-1 (155 Мбит/с) до STM-256 (40 Гбит/с), увеличивающиеся от уровня к уровню с коэффициентом 4. Для систем оптической транспортной иерархии стандартизованы скорости передачи от OTU-1 (2,5/2,7 Гбит/с) до OTU-3 (40/43 Гбит/с), которые также увеличиваются от уровня к уровню с коэффициентом 4. Скорость передачи Ethernet (интерфейсы) росла с коэффициентом 10 и достигла на сегодняшний день 100 Гбит/с. Конвергенция этих технологий началась со скоростей передачи 10G. Исследования последних лет показали, что эта конвергенция развивается в направлении скоростей передачи 40G и 100G. Проходящая в настоящее время стандартизация поддерживает такую конвергенцию и закладывает перспективу для создания сетей следующих поколений.  
Предложенные первоначально для центров сбора и обработки данных, а также для корпоративных компьютерных сетей системы 40GE, по всей вероятности, будут широко использоваться и на уровне транспортных сетей с внедрением непривычного для Ethernet-технологии коэффициента 4 (40GE по отношению к 10GE). На магистральном уровне сетей будет реализована скорость передачи 100GE/OTN с непривычным для транспортных сетей коэффициентом 2,5 по отношению к внедряемому сегодня уровню 40GE/OTN. Удовлетворение поставленных сервис-провайдерами требований невозможно без освоения скоростей передачи данных в диапазоне до 100 Гбит/с и выше.

Для новых протоколов и интерфейсов 40G и 100G в настоящее время разрабатываются стандарты. Еще в июле 2006 г. рабочая группа IEEE 802.3 WG создала специальную группу High Speed Study Group (HSSG), утвердившую год спустя две MAC (Media Access Control) скорости передачи:  
  
• 40GE для приложений, связанных с взаимодействием серверов (server-to-server), а также серверов и пакетных коммутаторов (server-to-switch);  
  
• 100GE для приложений, связанных с взаимодействием пакетных коммутаторов (switch-to-switch), включая соединения «точка-точка» между сетевыми кластерами и т.п. Главные усилия направлены на выбор новых технологий и решений, включая новые методы линейного кодирования, которые позволят наиболее эффективно передавать высокоскоростные цифровые потоки 40 Гбит/с и 100 Гбит/с по каналам систем WDM, работающих сегодня в основном на скоростях не выше 10 Гбит/с (из расчета на каждый оптический канал). Для увеличения дальности передачи потоков 40 Гбит/с и 100 Гбит/с по каналам систем WDM будут использованы многоуровневые линейные коды (QAM и т.п.), улучшенные коды с исправлением ошибок (SFEC), а также методы когерентного приема вместо дифференциального детектирования сигналов. За новыми методами будущее, но на начальных этапах 100-гигабитные системы будут внедряться с определенными ограничениями по дальности передачи на WDM-системах, уже работающих на уровне 10 Гбит/с.

**3.4 Транспортные решения OTN/OTH.**

Оптическая транспортная иерархия (Optical Transport Hierarchy, OTH), как определено в рекомендации МСЭ G.798 & G.709, предусматривает методы размещения, мультиплексирования и управления сетями, поддерживающими различные клиентские сигналы в их натуральном формате, независимо от типов используемых протоколов. В стандарте описана единая структура Optical Data Unit (ODU)/Digital wrapper, в которой можно разместить несколько существующих фреймов потоков данных, а затем объединить их с другими сигналами и далее передавать и управлять в едином стиле с единой функциональностью, аналогичной той, что принята в системах SDH.

Первая версия OTH была ориентирована преимущественно на клиентские сигналы SDH. Поэтому изначально в рекомендации G.709 были определены только 3 фиксированных типа ODU-контейнеров:  
  
• ODU1 for CBR2G5 (STM-16);  
  
• ODU2 for CBR10G (STM-64);  
  
• ODU3 for CBR40G (STM-256).

В настоящее время структуры OTH рассматриваются с учетом передачи таких клиентских сигналов, как

• Ethernet 1GE, 10GE WAN/LAN, 40GE, 100GE;

• OTH 2,5G, 10G, 40G, 100G;

• SDH 2,5G, 10G, 40G;

• FC 1G, 2G, 4G, 8G (10G).

Технология OTN является идеальным средством для создания конвергентных транспортных платформ, обеспечивающих прозрачность при передаче трафика, относящегося к любым услугам поверх оптических каналов WDM-систем, поскольку имеет собственный отдельный заголовок, похожий на заголовок в SDH и дающий возможность контролировать сеть и управлять ею. Поэтому поддерживается прозрачная совместная передача совокупности асинхронного (пакетного) и синхронного (TDM) трафика в любых сочетаниях.  
Кроме того, системы OTN:

• очень эффективны при поддержке асинхронных пакетно ориентированных услуг, таких как GE, 10GE, различного уровня Fiber Channel (FC), ESCON & FICON, не имеющих собственных средств мониторинга на физическом уровне;  
• позволяют обнаружить и локализовать отказы в WDM-сети, значительно повышая качество предоставляемых услуг;

• являются единственной технологией, которая может передавать широко распространенные в IP/Ethernet клиентские сигналы 10GE LAN PHY;  
• обеспечивают совместную передачу синхронных и асинхронных сигналов поверх одного оптического lambda-канала системы WDM.  
Следует, однако, отметить, что стандартизация OTN не закончена, в частности алгоритм размещения GE, FC и Video еще не до конца разработан, прозрачное размещение 10GE оговорено параллельно в нескольких различающихся стандартах, для группирования и коммутации сигналов со скоростями передачи ниже 2,5 Гбит/с на практике все еще используются системы SDH. Однако стандартизация продолжается, включая уровень ODU4/100GE и уровень ODUflex для сигналов со скоростями ниже, чем ODU-1 (sub-lambda-каналы). Технология OTN имеет все шансы стать в перспективе универсальным прозрачным электрическим уровнем оптических магистральных сетей связи, расширяя хорошо отработанные в TDM/SDH методы OAM на пакетные интерфейсы типа Ethernet (включая 10GE LAN PHY), FC, ESCON, Digital Video и т.п

**3.5 Роль ROADM на фотонном уровне транспортной сети.**

Реконфигурируемые оптические мультиплексоры ввода/вывода ROADM упрощают процесс планирования и обслуживания сетей DWDM, обеспечивая автоматизацию (с минимальным участием обслуживающего персонала) процессов добавления, удаления или перенаправления оптических каналов. В существующих сетях эти процессы пока осуществляются вручную с затратой значительных усилий на адаптацию оборудования и переключение трафика и требуют высокой квалификации персонала. Основой ROADM стали оптические устройства нового класса, а именно селективные переключатели длин волн Wavelength Selective Switch (WSS) с одним входом (групповой сигнал) и многими выходами для групп и/или индивидуальных каналов или со многими входами для групп и/или индивидуальных каналов и одним выходом.  
Следует отметить, что если в узле производится ввод, вывод или перемаршрутизация/коммутация канала на другое направление передачи, то все соединения между узлами сети, включая транзитные соединения через узел на фотонному уровне, должны выдерживать тонкий баланс между параметрами индивидуальных оптических каналов (длин волн) для достижения оптимальных параметров в системе передачи в целом. Поэтому в ROADM имеется функция динамической балансировки уровней оптической мощности различных оптических каналов. Как только в системах WDM стали доступны транспондеры с возможностью перестройки длины волны излучения во всем C-диапазоне в соответствии с сеткой частот с шагом 100 ГГц и 50 ГГц (до 80–96 длин волн оптического излучения в C-band), в ROADM обнаружился новый ограничивающий фактор. Оптические каналы выводились на фиксированные порты ROADM, соответствующие конкретному значению длины волны оптического излучения. Поэтому, несмотря на гибкость транспондеров, избежать ручных операций для переключения канала на новые направления не удавалось.  
В результате проведенных исследований для предотвращения блокирования оптического канала было предложено устройство colorless ROADM, в котором любой пользовательский порт может быть использован для организации канала с любой длиной волны оптического излучения. На следующем этапе были применены directionless ROADM, в которых к любому порту любого направления передачи может быть адресован оптический сигнал на любой длине волны. Ввод/вывод соответствующего канала по любому направлению осуществляется автоматически, без нарушения баланса в оставшихся оптических каналах, передаваемых через узел насквозь. Такая концепция в сетевых решениях Alcatel-Lucent получила название Zero Touch Photonic (ZTP) – сеть, перестраиваемая посредством системы управления, т.е. без «ручного» вмешательства персонала на узлах (рис. 1).  
Наличие в узлах WDM-сети colorless & directionless T&ROADM-систем является обязательным условием реализации функциональности ASON/GMPLS на фотонном уровне сети.

**3.6 Интеллектуальные транспортные решения ASON/GMPLS**  
  
 Сети следующего поколения должны быть более динамичными, обеспечивать эффективное использование ресурсов и высокий уровень надежности и качества предоставления услуг по запросу. Иными словами, нужно обеспечить динамическое предоставление ресурсов сети (необходимой полосы) для доставки любых услуг в любое время любому пользователю. Именно поэтому IETF расширил сигнализационные и маршрутизирующие протоколы MPLS за пределы IP-сети, и на этой основе был разработан обобщенный протокол General MultiProtocol Label Switching (GMPLS).

Функциональность GMPLS с распределенным уровнем системы управления (Control Plane), отделенным от уровня передачи данных (Data Plaine), стала следующим этапом эволюции технологий MPLS для использования их в транспортных сетях. МСЭ-Т (ITU-T) более глубоко рассмотрел сетевые аспекты применения этой функциональности в ряде рекомендаций для Automatically Switched Optical Network (ASON). OIF завершил стандартизацию сетевых интерфейсов. Пользовательские интерфейсы UNI служат для доступа к сети ASON для запроса на предоставление услуг, контроля соединений, обеспечения QoS в соответствии со SLA, сбора сообщений об отказах и т.п. Сетевые интерфейсы NNI предназначены для связи между сетевыми



элементами, сетевыми доменами и разными сетями. На этом уровне в рамках Control Plane ведутся обработка запросов на соединения, их организация и контроль, обмен в определенных объемах информацией о доступных ресурсах в сетевых элементах и соединениях, маршрутизация сервисов между сетевыми доменами и т.п. Одно из основных достоинств интеллектуальной транспортной сети с функциональностью ASON – способность по требованию пользователей или запросу от системы централизованного управления сетью автоматически устанавливать:

• соединения внутри сети, построенной на оборудовании одного поставщика;  
• сквозные соединения на сети, построенной не только на оборудовании разных поставщиков, но и с использованием разных функциональных и технологических уровней, ориентированных на установление соединений, например SONET/SDH (VC-N), WDM/OTN (OCH, ODU), T-MPLS/MPLS-TP (LSP, PW3) и т.п. Для реализации ASON/GMPLS на фотонном уровне в узлах WDM-сети размещаются системы T&ROADM, обеспечивающие переключение оптических каналов без дополнительного O-E-O-преобразования. Если системы T&ROADM имеют коэффициент связности N до 6–10 (количество направлений, на которые можно переключить оптический канал из одного узла сети на фотонном уровне), то в этом случае отпадает необходимость сохранять свободной до 50% емкости сети для реализации защитных механизмов с полным дублированием каналов типа O-SNCP, OCP и т.п. Достаточно иметь 10–25% распределенной свободной емкости на соединениях в сети, чтобы обеспечить возможность обхода пораженных участков на основе ASON/GMPLS. В этих же узлах могут размещаться системы автоматического переключения трактов, работающие в соответствии со стандартом OTH/OTN на электрическом уровне и обеспечивающие прозрачное переключение данных на уровне ODU и/или sub-lambda-каналов (ODUflex), включая GE, 10/100 Ethernet, Fiber Channel, FICON/ESCON, SONET/SDH и т.п. Технология ASON/GMPLS может быть реализована и на OTH/OTN-уровне сети (рис. 2).  
Функциональность ASON/GMPLS на уровне SDH уже внедрена на многих сетях. Аналогичная функциональность на фотонном уровне, обеспечивающая при отказах сети автоматическое восстановление (без вмешательства в этот процесс оператора системы управления) оптических lambda-каналов, реализована в оборудовании 1626LM и начнет внедряться на сетях операторов в 2010 г.  икс

**Глава 4 . Безопасность жизнедеятельность.**

**4.1**  **Организация рабочего места оператора.**

На комфортность работы оператора влияют организация рабочего места оператора, средства отображения информации, органы управления машиной. Они должны быть максимально удобны для человека, чтобы не создавать помех и чувства дискомфорта в процессе работы, а также способствовать наименьшей утомляемости. Основным способом обеспечения условий комфорта оператора ЭВМ является организация его рабочего места. В этом вопросе не существует мелочей, так как любой, на первый взгляд, несущественный фактор в процессе длительного воздействия может вызвать состояние дискомфорта, отрицательно сказаться на результатах деятельности и, возможно, привести к заболеванию.

При длительной работе оператора за экраном монитора у операторов отмечается напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, пояснице, руках и области шеи. Под рабочим местом оператора ЭВМ понимается зона трудовой деятельности в системе «человек-машина», оснащенная техническими средствами и вспомогательным оборудованием, необходимым для решения конкретных производственных задач. Рабочее место оператора организовано в соответствии с требованиями стандартов и технических условий по безопасности труда.

При взаимном расположении элементов рабочего места учитывается:

·        рабочая поза человека - оператора;

·        пространство для размещения оператора, позволяющее осуществлять все необходимые движения;

·        физические, зрительные и слуховые связи между оператором и оборудованием;

·        возможность обзора пространства за пределами рабочего места;

·        возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых оператором.

Конструктивное и внешнее оформление оборудования создает условия для минимальной утомляемости. Конструкция рабочей мебели должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту работающего для поддержания удобной позы и соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 , ГОСТ 22269-76 . При правильной организации рабочего места производительность труда операторов ЭВМ увеличивается на 8-20%.

**Микроклимат**

Наиболее значительным фактором производительности и безопасности труда является производственный микроклимат, который характеризуется температурой и влажностью воздуха, скоростью его движения, а также интенсивностью радиации, и должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 и СНиП 2.04.05-86

Таблица 4.1.

Требования к параметрам микроклимата в производственном помещении

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Параметры микроклимата** | **Значения параметров** | |
|  | **Зимой** | **летом** |
| 1. Температура, °C | 22-24 | 23-25 |
| 2. Скорость воздушных масс, м/с | 0.1 | 0.1-0.2 |
| 3. Относительная влажность, % | 40-60 | 40-60 |

Исследования показали, что высокая температура в сочетании с высокой влажностью воздуха оказывают большое влияние на работоспособность оператора. При таких условиях резко увеличивается время сенсомоторных реакций, нарушается координация движений, увеличивается количество ошибок. Высокая температура отрицательно сказывается и на ряде психологических функций человека. Уменьшается объем запоминаемой информации, резко снижается способность к ассоциациям, ухудшается протекание ассоциативных и счетных операций, понижается внимание. Относительная влажность в пределах 40 - 60% мало сказывается на состоянии человека. При влажности 99 - 100% практически выключается регулирующий механизм потоотделения и быстро наступает перегревание.

Для поддержания необходимых температуры и влажности рабочее помещение  оснащено системами отопления и кондиционирования, обеспечивающими постоянный и равномерный нагрев, циркуляцию, а также очистку воздуха от пыли и вредных веществ.

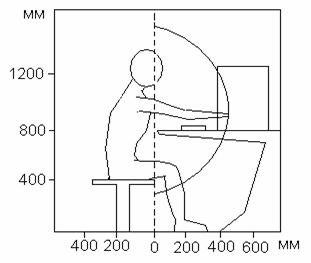
В помещениях предполагающих эксплуатацию системы требования к параметрам микроклимата в целом выполнены.

**4.2 Эргономические требования к рабочему месту.**

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

            Данная конструкция рабочего места обеспечивает выполнение трудовых операций в пределах зоны деятельности моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальных и горизонтальных плоскостях для средних размеров тела человека приведены на рис. 1. Выполнение трудовых операций “часто” и “очень часто” обеспечивается в пределах зоны досягаемости и оптимальной зоны моторного поля, приведенных на рис.4. 1 (зоны 1, 2).

Расположение средств отображения информации, в данном случае это дисплей ЭВМ соответствуют СНиП 2.01.02-85.



**Рис.4.1. Зоны досягаемости моторного поля тела человека.**

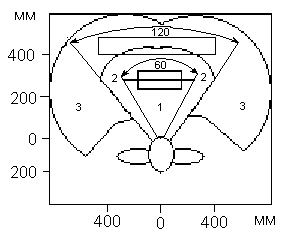


Рис. 4.2. Зоны досягаемости и оптимальной зоны моторного поля

**Освещенность рабочего места.**

При проектировании рабочего места должна быть решена проблема как искусственного, так и естественного освещения. Освещение не только необходимо для выполнения производственных заданий, оно еще и влияет на психическое и физическое состояние работающего. Требования к рациональной освещенности производственных помещений сводятся к следующим:

·        правильный выбор источников света и системы освещения;

·        создание необходимого уровня освещенности рабочих поверхностей;

·        ограничение слепящего действия света;

·        устранение бликов, обеспечение равномерного освещения;

·        ограничение или устранение колебаний светового потока во времени.

При недостаточной освещенности и напряжении зрения состояние зрительных функций находится на низком функциональном уровне, в процессе выполнения работы развивается утомление зрения, понижается общая работоспособность и производительность труда, возрастает количество ошибок.

Освещенность на рабочем месте должна соответствовать зрительным условиям труда согласно гигиеническим нормам. Так, в соответствии с ГОСТ 12.1.006-84, освещенность при работе с дисплеем должна быть 200 лк, а в сочетании с работой с документами - 400 лк.

Равномерное освещение понимается как отношение интенсивностей наименьшего  и наибольшего световых потоков. Отношение освещенностей рабочей поверхности к полной освещенности окружающего пространства не должно превышать 10:1, так как при переводе взгляда с ярко- на слабоосвещенную поверхность глаз вынужден адаптироваться, что ведет к развитию утомления зрения и затрудняет выполнение производственных операций.

Применяется мягкий рассеянный свет из нескольких источников, светлая окраска потолка, стен и оборудования. Направление света определяется необходимостью объемного восприятия объекта и стремлением не допустить ослепления прямым или отраженным светом. Удобным направление искусственного света считается слева сверху и немного сзади. Прямая блесткость появляется в результате наличия источника света непосредственно в поле зрения оператора, отраженная блесткость - в результате наличия внутри поля зрения отражающих ярких поверхностей. Прямую блесткость можно уменьшить избегая ярких источников света в пределах 60 см от центра поля зрения. Отраженную блесткость можно уменьшить используя  рассеянный свет и применяя матовые поверхности вместо полированных. Для уменьшения бликов от экрана монитора, затрудняющих работу оператора, необходимо использовать экранные фильтры, повышающие контрастность изображения и уменьшающие блики, или мониторы с антибликовым покрытием.

Важной задачей является выбор вида освещения (естественное или искусственное). Применение естественного света имеет ряд недостатков:

·         поступление света как правило, только с одной стороны;

·         неравномерность освещенности во времени и пространстве;

·         ослепление при ярком солнечном свете и т.п.

Применение искусственного освещения помогает избежать рассмотренных недостатков и создать оптимальный световой режим. Однако применение помещений без окон создает в ряде случаев у людей чувство стесненности и неуверенности. И для правильной цветопередачи нужно выбирать искусственный свет со спектральной характеристикой, близкой к солнечной.



Рис. 4.3. Схема организация рабочего места оператора.

**4.3.Расчет освещения методом коэффициента использования**

Рассматриваемый метод заключается в определении значения коэффициента η, равного отношению светового потока, падающего на

расчетную поверхность, к полному потоку осветительного прибора.

Рассчитаем общее освещение серверной длиной 3,5 м, шириной 2,5 м, высотой 3 м с побеленным потолком, светлыми стенами с не завешанными окнами. Разряд зрительной работы IV, а. Нормируемая освещенность принимаем систему общего освещения люминесцентными лампами 2 группы ЛД мощностью 40 Вт, световой поток Фл = 2340 лм [22]. Коэффициенты отражения потолка, стен, пола – ∫пот = 70%; ∫ ст. = 50%; ∫пол = 30%.

Расположение светильников общего освещения в помещении определяется: Н – высотой помещения, h – высотой подвеса над рабочей поверхностью, L – расстоянием между соседними светильниками или рядами люминесцентных светильников, ℓ – расстоянием крайних светильников или рядов светильников до стены.



где  *h*c - расстояние от светильника до перекрытия;

*hв* - высота рабочей поверхности над полом.

Расчетная высота навеса – рабочая поверхность находится на высоте 0,8 м от пола, высота свеса ламп – 0,2 м, следовательно:

*п*= 2 м.



Расстояния между рядами светильников определяется как

Так как расстояние светильников от стен по 0,3 м, принимаем 2 ряда светильников по 1,5 м между рядами.



Определяем индекс помещения по формуле:

где А – длина помещения;



В – ширина помещения;

h – расчетная высота.



Коэффициент использования равен: n = 38%

Коэффициент запаса из К3 = 1,5. Так как при расчете люминесцентного освещения световой поток Фл известен, то необходимое количество люминесцентных ламп определяется по формуле:



где Е – заданная минимальная освещенность;

Кз – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м2;

Z – коэффициент неравномерности освещения Z=1,1:1,2



лампы.

Размещаем в один ряд 2 лампы с расстоянием между ними 0,47 м (учитывая, что длина лампы 1213,6 мм) и с расстоянием от стен по 0,3 м.

Всего для создания нормируемой освещенности 200 лк необходимо 4 лампы ЛД мощностью 40 Вт. Размещение светильников показан на рисунке .

**4.3.1 Расчет освещенности методом удельной мощности.**

Сущность расчета освещения по методу удельной мощности заключается

в том, что в зависимости от типа светильника и места его установки, высоты подвеса над рабочей поверхностью, освещенности на горизонтальной поверхности и площади помещения определяется значение удельной мощности.

Задавшись числом светильников, обеспечивающих равномерность освещенности, определяют мощность общей лампы по формуле:



где *w*– удельная мощность, Вт/м2;

S – площадь помещения, м2;

N – число светильников.

#### Подставив исходные значения в формулу, получим



Р=40 Вт.

Так как расчетное значение мощности лампы совпадает со стандартной мощностью, то выбираем 4 лампы ЛД мощностью 40 Вт

l=0,3 м

L=0,47 м

d=1,2136 м

0,3 м

1,5 м

0,3 м

##### Рисунок 4.4 – План размещения светильников

**Заключение**

Для работы GMPLS необходимо пересылать значительные объемы трафика протоколов сигнализации и маршрутизации. Помимо этого, ожидается, что с ростом пропускной способности оптических каналов потребуется создавать и поддерживать информацию о большом количестве соединений. Для сохранения высокой масштабируемости в рамках архитектуры GMPLS были добавлены несколько механизмов:

1. Безадресные (unnumbered) -соединения (или интерфейсы). Соединения (или интерфейсы), не имеющие IP-адресов. Поскольку такие интерфейсы не определяются IP-адресом, необходимо ввести идентификатор, локальный для LSR, к которому он принадлежит. Для создания LSP смежные маршрутизаторы обмениваются локальными идентификаторами. Пересылка идентификаторов может быть осуществлена с помощью протокола LMP.
2. Группировка (bundling) каналов. Когда смежные маршрутизаторы имеют множество связей (записей в таблице состояний OSPF/IS-IS), существует возможность объединить несколько (или все) из этих соединений в одну запись OSPF/IS-IS. Результирующий логический канал однозначно определяется тремя параметрами: идентификатором группового канала, идентификатором составного канала и меткой.
3. Агрегирование нескольких LSP в один для повышения масштабируемости, которое может выполняться несколькими способами. Специфический для GMPLS метод агрегирования — Forwarding Adjacency (FA) — заключается в следующем. Узел объявляет LSP как TE-канал в существующей таблице OSPF/IS-IS, если в ней есть запись, определяющая требуемый маршрут для этого LSP. После добавления FA OSPF/IS-IS обновляет и рассылает информацию о состоянии каналов. FA представляют как адресные, так и безадресные каналы. FA может быть группированным (bundled) каналом между двумя узлами. Такой подход позволяет улучшить использование пропускной способности соединения в случае, если она распределяется динамически. С другой стороны, объединяя множество LSP в один, нет необходимости в поддержке большого количества информации о состоянии связи.

В перспективе GMPLS рассматривается как технология для построения сетей передачи данных следующего поколения, которые позволят предоставлять принципиально новые услуги, такие как пропускная способность по требованию и оптические VPN (OVPN). Несмотря на то что по ряду технологических вопросов необходимы дополнительные исследования, согласно оценкам западных экспертов, в течение ближайших пяти лет технология GMPLS будет внедрена.

**Литературы**

1. Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа. - С-Пб.: Наука и техника. - 2006. - 400 с.

. Гольдштейн Б.С. Проблемы перехода к мультисервисным сетям // Вестник связи. - 2007. - № 12. - С 26 - 31.

. Шварцман В.О. Качество услуг сетей следующего поколения // Электросвязь. -2006. - №3. - С. 26 - 31.

4. Вегешна Ш. Качество обслуживания в сетях IP / Пер.с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс». - 2006. - 386 с.

5. Мультисервисные АТМ сети / Денисова Т.Б., Лихтциндер Б.Я., Назаров А.Н., Симонов М.В., Фомичев С.М. - М.: Эко Трендз. - 2007. - 320 с.

. Назаров А.Н., Разживин И.А., Симонов М.В. АТМ: Принципы и технические решения создания сетей. - М.: Горячая линия - Телеком. - 2006. - 408 с.

. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. - М.: Наука и Техника. - 2007. - 336 с.

8. Лемешко О.В., Євсеєва О.Ю., Симоненко Д.В. Модель динамічного балансування мережних ресурсів у телекомунікаційній мережі // Системи обробки інформації. - 2008. - № 5(72). - С.71 - 74.

9. Безрук В.М., Колесников О.А., Свид И.В., Корсун И.В. Методы многокритериальной оптимизации в задачах проектирования телекоммуникационных систем. // Комп’ютерні технології друкарства. - Львів. - 2006. - № 14. - С. 166 - 190.

## 10. Wang Y., Wang Z. Explicit routing algorithms for Internet Traffic Engineering // Proc. of 8th International Conference on Computer Communications and Networks. - Paris. - 2009. - P. 582 - 588.

11. Дуравкин Е.В. Методика моделирования протоколов информационного обмена с помощью аппаратов Е-сетей и вероятностно-временных графов // Дисс. канд. техн. наук. - Харьков: УкрДАЗТ. - 2006. - 184 с.

. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / За загал. ред. Поповського В.В. - Харків: ТОВ «Компанія СМІТ». - 2006. - 564 с.

15. Лемешко О.В., Симоненко Д.В., Дробот О.А. Результати порівняльного аналізу потокових моделей маршрутизації в телекомунікаційних мережах // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. - Харків. - 2007. - №1(130. - С. 66 - 69.

. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. - М.: Мир. - 2009. - 600 с.