

проводить мониторинг и обслуживание сети, что актуально для белорусской железной дороги. Технология DWDM получает все большее распространение при построении и модернизации волоконно-оптических линий связи большой пропускной способности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методы уплотнения волоконно-оптических линий передачи [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/5450849/page:29/>. – Дата доступа : 21.05.2023.

2 Технология DWDM принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://principraboty.ru/tehnologiya-dwdm-princip-raboty/>. – Дата доступа : 21.05.2023.

Получено 20.05.2023

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 28. Гомель, 2023

УДК 621.354.3

И. В. БОГДАНОВИЧ (ЭС-41)

Научные руководитель – магистр, ст. преп. *С. В. КИСЕЛЁВА*

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ MPLS-IP

Дано понятие технологии передачи данных MPLS-IP, рассмотрен принцип работы, а также выявлены преимущества использования данной технологии на железной дороге.

Традиционно главными требованиями, предъявляемыми к технологии магистральной сети, были высокая пропускная способность, малое значение задержки и хорошая масштабируемость. Однако современное состояние рынка диктует новые правила игры. Теперь поставщику услуг недостаточно просто предоставлять доступ к своей IP-магистрале. Изменившиеся потребности пользователей включают в себя и доступ к интегрированным сервисам сети, и организацию виртуальных частных сетей (VPN), и ряд других интеллектуальных услуг.

Для решения возникающих задач и разрабатывается архитектура MPLS.

Это новая архитектура построения магистральных сетей, которая значительно расширяет имеющиеся перспективы масштабирования, повышает скорость обработки трафика и предоставляет огромные возможности для организации дополнительных услуг.

Технология MPLS (также известная как IP/MPLS) сочетает в себе возможности управления трафиком, присущие технологиям канального уровня, и масштабируемость, и гибкость протоколов, характерные для сетевого уровня. Являясь результатом слияния механизмов разных компаний, она впитала в себя наиболее эффективные решения каждой [1].

Путь следования потока пакетов в сети IP/MPLS определяется тем FEC, который установлен для этого потока во входном LSR. Такой путь носит название коммутируемого по меткам тракта LSP (Label-Switched Path) и идентифицируется последовательностью меток в LSR, расположенных на пути следования потока от отправителя к получателю. LSP организуются либо перед передачей данных (с управлением программой), либо при обнаружении определенного потока данных. Метки в LSP назначаются с помощью протокола распределения меток LDP (Label Distribution Protocol), причем существуют разные способы такого распределения на основе данных вспомогательных протоколов. Подготавливают процесс распределения меток протоколы маршрутизации, такие как OSPF, IS-IS или BGP. С помощью этих протоколов маршрутизации создается «дерево» сети, на которое «развешиваются» метки.

Метка – это идентификатор фиксированной длины, определяющий класс эквивалентности пересылки *FEC*. Главная задача распределения меток – это организация и обслуживание трактов LSP, в том числе определение каждой привязки «FEC-метка» в каждом LSR тракта LSP. Маршрутизатор LSR использует протокол распределения меток, чтобы информировать о привязке «FEC-метка» вышестоящий LSR. Нижестоящий LSR может непосредственно сообщать о привязке «метка-FEC» вышестоящему LSR, что называется привязкой по инициативе нижестоящего (unsolicited downstream). Кроме того, возможно извещение о привязке, передаваемое нижестоящим по требованию (downstream on demand), когда вышестоящий LSR запрашивает привязку у нижестоящего LSR. Организуемый LSP всегда является односторонним. Трафик обратного направления идет по другому LSP.

Технология IP/MPLS поддерживает следующие два варианта создания LSP:

- последовательная маршрутизация по участкам маршрута (hop-by-hop routing) – каждый LSR самостоятельно выбирает следующий участок маршрута для данного FEC. Эта методология сходна с той, что применяется сейчас в IP-сетях. LSR использует имеющиеся протоколы маршрутизации, такие, например, как OSPF;

- явная маршрутизация (ER) – сходна с методом маршрутизации со стороны отправителя. Входной LSR (т. е. LSR, от которого исходит поток данных в сети MPLS) специфицирует цепочку узлов, через которые проходит ER-LSP. Специфицированный тракт может оказаться не оптимальным. Вдоль тракта могут резервироваться ресурсы для обеспечения заданного QoS трафика данных. Это облегчает оптимальное распределение трафика по

всей сети и позволяет предоставлять дифференцированное обслуживание потокам трафика разных классов, сформированных на основе принятых правил и методов управления сетью [2].

Рассмотрим логически завершенный домен сети IP/MPLS, изображенный на рисунке 1. Завершенность этого домена выражается в том, что он имеет вполне определенную замкнутую границу, вдоль которой размещено четыре так называемых пограничных узла IP/MPLS (IMPLS edge nodes или, как их еще иногда называют, LER – Label Edge Router), обозначенных на рисунке 1 как LSR1, LSR5, LSR6, LSR7. Помимо этих узлов, внутри домена сети MPLS-IP (когда это не вызывает двойного толкования, мы будем для удобства называть его просто MPLS-сетью) имеется множество маршрутизаторов, каждый из которых имеет с остальными маршрутизаторами (в том числе и с пограничными узлами) либо прямые, либо коммутируемые связи. В последнем случае коммутация, необходимая для создания такой связи, производится другими маршрутизаторами из этого множества, которые не обязательно являются пограничными узлами MPLS и могут не иметь функций LSR. Более того, некоторые коммутируемые связи между LSR могут проходить через подсети, встроенные в рассматриваемую IP/MPLS сеть, но не содержащие в себе функции MPLS. Они не показаны в примере на рисунке 1, где изображены только три внутренних маршрутизатора LSR2, LSR3 и LSR4.

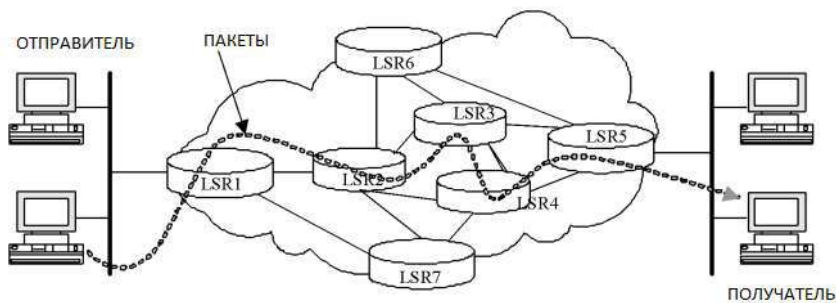


Рисунок 1 – Пример домена сети IP/MPLS

На рисунке 1 изображен лишь упрощенный домен MPLS-сети. Пакеты, поступающие в него, могут приходиться как непосредственно от отправителей, так и из смежной сети, которая может быть MPLS-сетью более высокого уровня (т. е. содержать в себе рассматриваемый домен). Эти пакеты принимаются пограничным узлом MPLS-IP (в данном случае LSR1), который является по отношению к этим пакетам входным IP/MPLS-узлом. Пакеты, направляемые сетью в другую смежную сеть, передаются туда другим пограничным узлом, который является по отношению к этим пакетам выходным MPLS-узлом (в данном случае LSR5). В общем случае все пакеты, транспор-

тируемые через MPLS-сеть от входного MPLS-узла LSR1 к выходному MPLS-узлу LSR5, принадлежат одному FEC и следуют по одному и тому же виртуальному коммутируемому по меткам тракту LSP, который может проходить через несколько LSR и маршрутизаторов без функций LSR.

Таким образом, в IP/MPLS-сети имеются маршрутизаторы двух типов: пограничные LSR и транзитные LSR. Пограничные маршрутизаторы LSR в ряде случаев включают в себя шлюзы интерфейсов сетей разных видов (например, Frame Relay, ATM или Ethernet) и пересылают их трафик в MPLS-сеть после организации трактов LSP, а также распределяют трафик обратного направления при выходе его из IP/MPLS-сети. Любой MPLS-совместимый маршрутизатор должен быть способен принимать в любом своем интерфейсе пакет со вставленной меткой, отыскивать ее в таблице коммутации, вставлять новую метку в соответствующем формате и затем отправлять пакет через другой интерфейс. Иными словами, пограничный LSR может коммутировать пакет с меткой от любого интерфейса к любому другому интерфейсу с заменой метки. Такой подход гораздо более гибкий, чем в случае ATM, так как он не ограничен исключительно каналами передачи ячеек. Пограничные маршрутизаторы выполняют основную роль в процессе назначения и удаления меток, когда трафик поступает в сеть IP/MPLS или выходит из нее.

Любой транзитный LSR способен принимать пакеты без меток, т. е. с обычными IP-заголовками. Утверждение, что внутри домена IP/MPLS пакеты между транзитными LSR маршрутизируются только по меткам, не совсем верно. Для обычного трафика MPLS это действительно так, но служебные сообщения передаются с использованием IP-заголовков.

К выходному узлу LSR5 поступают потоки пакетов от нескольких входных узлов (от LSR1, LSR6 и LSR7). В промежуточных маршрутизаторах некоторые из этих потоков могут «сливаться», т. е. объединяться в один общий поток пакетов, которые приобретают в этой точке слияния общий FEC. Таким образом, множество трактов LSP, идущих к одному выходному узлу, образует ветвящееся дерево, корень которого находится в этом выходном узле.

Каждый из четырех пограничных узлов выполняет в общем случае функции и входного, и выходного узла. В изображенной IP/MPLS-сети существует четыре дерева такого рода, которые вместе содержат 12 трактов LSP. Через один промежуточный маршрутизатор LSR может проходить несколько LSP, в том числе LSP, принадлежащих разным деревьям. Если учесть, что физическая топология сети отличается от топологии виртуальной сети LSP, то станет ясно, что на практике могут возникать случаи «закольцовывания» путей прохождения пакетов, и, следовательно, в сетях IP/MPLS нужно предусматривать меры обнаружения и/или предотвращения таких случаев.

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, высокую пропускную способность, малое значение задержки и хорошую масштабируемость, 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.

Исходя из всего сказанного, можно прийти к выводу, что для организации сетей связи на белорусской железной дороге целесообразно использовать технологию передачи данных MPLS-IP.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Гольдштейн, А. Б. Транспортные сети IP/MPLS. Технология и протоколы: учеб. пособие / А. Б. Гольдштейн, А. В. Никитин, А. А. Шкрыль. – СПб. : СПбГУТ, 2016. – 80 с.

2 Преимущества технологии MPLS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studylib.ru/doc/140021/preimushhestva-tehnologii-mpls>. – Дата доступа : 21.05.2023.

Получено 23.05.2023

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 28. Гомель, 2023

УДК 339.543

Д. Р. БУЛКА (ГЭ-32)

Научный руководитель – канд. экон. наук *А. А. КОЛЕСНИКОВ*

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТАМОЖЕННОГО ОФОРМЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Рассмотрена сущность проблем таможенного оформления международных почтовых отправлений, влияние их на организацию международного почтового обмена, определены пути решения данных проблем.