

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.738, 004.724

А. С. Белоусов,
аспирант,
ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

ALGORITHMIC SUPPORT THE OPERATION OF MULTI-SERVICE NETWORKS OF THE TRANSPORT INDUSTRY

В статье рассматривается алгоритм распределения меток в сетях передачи данных с многопротокольной коммутацией по меткам MPLS (MultiProtocol Label Switching). Рассматриваемые сети передачи данных относятся к мультисервисным сетям, базирующимся на концепции сетей связи следующего поколения NGN (Next Generation Networks), которые используются для объектов информатизации транспортной отрасли, и имеют определенные специфические отраслевые требования к их организации. Описываемый алгоритм является одним из возможных способов, которые могут применяться для выполнения данной задачи. Процесс распределения меток для мультисервисных сетей транспортной отрасли является одним из основных в обеспечении работоспособности сети в целом. Правильное распределение меток приводит к стабильной работе и повышению качества обслуживания.

The article considers the algorithm of the label distribution in data transmission networks with the multiprotocol label switching (MPLS). Considered data transmission network relate to multiservice networks based on the concept of next generation networks (NGN), which are used for informatization objects transport industry, and have certain industry-specific requirements of their organization. Described algorithm is one of the possible methods that can be used to perform this task. Process of distribution of marks for multiservice networks of the transport industry is a fundamental functionality of the whole network. Proper distribution of labels lead to stable operation and quality of service.

Ключевые слова: мультисервисные сети транспортной отрасли, сети связи следующего поколения, единая транспортная система, протокол распределения меток, многопротокольная коммутация по меткам.

Key words: multi-service networks of transport industry, next generation networks, unified transport system, label distribution protocol, multiprotocol label switching.

ТРАНСПОРТНАЯ стратегия Российской Федерации на период до 2030 года предусматривает инновационный сценарий повышения конкурентоспособности транспортной системы за счет реализации транзитного потенциала страны. В соответствии с Рамочными стандартами безопасности и облегчения мировой торговли (ВТамО, 2005), требования по обеспечению безопасности теперь должны выполняться через безбумажный документооборот и предварительное информирование о перемещении товаров [1].

Взаимодействие информационных объектов транспортной отрасли с помощью сетей передачи данных и территориальная распределенность являются причиной для отдельного рассмотрения сетей передачи данных транспортной отрасли. В транспортной отрасли применяется большое количество различных видов каналов передачи информации, прикладных программных решений и специализированного аппаратного обеспечения, что является отличительной особенностью.

Требования к сетям передачи данных транспортной отрасли

При построении сетей для транспортной отрасли должны учитываться следующие факторы: сеть должна обеспечивать передачу информации с высокой пропускной способностью

и возможность передачи разнородного типа трафика, а также передавать информацию в режиме одноадресной и многоадресной пересылки [2]–[4]. Информационно-управляющие системы на транспорте относятся к автоматизированным системам критически важных объектов. Неотъемлемым требованием к таким системам и их каналам передачи данных является защищенность циркулирующей в них информации, как от преднамеренных, так и непреднамеренных угроз [5]–[7]. Всем этим требованиям отвечают мультисервисные сети, которые основываются на концепциях сетей связи следующего поколения NGN (Next Generation Networks). Главное требование — они должны обеспечивать неограниченный набор услуг с гибкой системой управления трафиком. Мультисервисные сети базируются на технологии многопротокольной коммутации по меткам MPLS (MultiProtocol Label Switching), которая обеспечивает быструю и надежную работу ядра сети [5], [6].

В рамках информатизации транспортной отрасли применение мультисервисных сетей позволит создать единое интегрированное информационно-коммуникационное пространство транспортной отрасли, которое будет основываться на мультисервисной сети транспортной отрасли.

Мультисервисная сеть транспортной отрасли

В основе идеи построения сетей согласно технологии многопротокольной коммутации по меткам MPLS лежит принцип обмена метками. Любой передаваемый пакет данных закрепляется за классом эквивалентной пересылки FEC (Forwarding Equivalence Class), каждый из которых определяется собственной меткой. Значение метки уникально только между двумя соседними узлами сети MPLS – маршрутизаторами LSR (Label Switch Router). Метка передается в составе любого пакета, проходящего через сеть MPLS [6].

Маршрутизатор LSR получает информацию о топологии сети, выполняя алгоритмы маршрутизации — OSPF, BGP, IS-IS. После этого маршрутизатор LSR начинает процесс распределения меток, с помощью которых будет производиться коммутация пакетов по метке. Распределение меток, в свою очередь, приводит к составлению возможных путей LSP (Label Switching Path), по которым могут передаваться пакеты для определенных классов FEC [8].

Каждый маршрутизатор LSR составляет собственную базу меток LIB (Label Information Base), которая ставит в соответствие каждой входной паре «интерфейс – метка» тройку «префикс получателя – выходной интерфейс – выходная метка». Префикс получателя используется только в процессе построения базы меток LIB и при коммутации пакетов не используется. Получая пакет, маршрутизатор LSR по значению метки и номеру интерфейса, на котором данный пакет был получен, определяет с помощью базы LIB выходной интерфейс, а также производит изменение старого значения метки на новое. После смены метки пакет отправляется дальше по пути LSP к следующему маршрутизатору LSR.

Вся процедура коммутации сводится лишь к сравнению метки с метками в таблице, которая происходит в режиме одноразовой идентификации значения поля. Это занимает в разы меньше времени, чем сравнение адреса получателя с адресными префиксами в таблице маршрутизации [9].

Алгоритм распределения меток коммутации мультисервисной сети транспортной отрасли

Обмен метками между маршрутизаторами LSR может производиться с помощью разных протоколов [9]–[11]. В спецификации существует специализированный протокол распределения меток LDP (Label Distribution Protocol) [11].

Протокол LDP выполняет построение целостных маршрутов коммутации по меткам LSP. Установление отношения соседства двух маршрутизаторов LSR происходит в два этапа:

1. Обмен сообщениями типа Hello.
2. Установление сессии LDP.

Второй этап выполняется только в случае успешного завершения первого.

Сообщения Hello посылаются каждым маршрутизатором LSR, на котором включен протокол LDP, с заданным интервалом на широковещательный адрес 224.0.0.2, порт 646, транспортный протокол UDP. Протокол LDP позволяет обмениваться сообщениями маршрутизаторам LSR, не соединенными непосредственно друг с другом. В этом случае сообщение Hello должно быть отправлено на адрес маршрутизатора LSR, с которым необходимо настроить связь.

Сообщение Hello содержит информацию о следующих параметрах:

— Holddown Timer — отрезок времени, в течение которого маршрутизаторы, с которыми устанавливается сессия LDP, должны ответить на данное сообщение хотя бы одним сообщением Hello. Если у двух маршрутизаторов LSR, устанавливающих связь, это значение различно, то выбирается наименьшее значение.

— T – bit (Target Hello Bit) — данный бит определяет, какое сообщение Hello было отправлено. Если значение равно 1, то сообщение отправляется на конкретный адрес получателя, если значение равно 0, то сообщение широковещательное для всех маршрутизаторов LSR.

— R – bit (Request Send Target Hello) — Значение, равное 1 данного бита, определяет обязательный ответ от получателя. Значение 0 не требует обязательного ответа. Значение, равное 1, принимается только когда значение T – bit равно 1.

— Transport Address — необязательное поле, в нем указывается адрес, на который необходимо отправить ответ для установления сессии LDP между устройствами. Если данное поле отсутствует, то ответ необходимо отправить на адрес отправителя сообщения Hello. Адрес, который используется для установления сессии LDP, называется «транспортным адресом».

— Configuration Sequence Number — номер конфигурации. При изменении настроек на маршрутизаторе LSR меняется значение данного поля, которое может вызвать перенастройку сессии LDP.

Маршрутизаторы LSR могут не отвечать на сообщения Hello и прерывать первый этап установления отношения соседства [9]. Причинами для таких действий могут быть следующие ситуации:

— Маршрутизатору LSR запрещено принимать сообщения Hello в конфигурации. Может быть произведена исключаящая настройка для сообщений определенного типа или от определенного отправителя.

— Не совпадают типы транспортных адресов.

Сессии LDP работают на основании протокола TCP/IP по порту 646. При обмене сообщениями Hello маршрутизаторы LSR узнают транспортные адреса друг друга. На основании транспортного адреса принимается решение о том, кто будет «активным» или «пассивным» соседом. Маршрутизатор с большим транспортным адресом становится «активным». После того как маршрутизатор LSR узнал транспортный адрес своего соседа, он начинает устанавливать сессию LDP. Алгоритм проведения сессии LDP следующий:

1. «Активный» маршрутизатор посылает сообщение Init, в которое добавлены все параметры будущей сессии.

2. «Пассивный» маршрутизатор проверяет параметры сессии из полученного сообщения Init на соответствие локальным настройкам.

3. «Пассивный» маршрутизатор отвечает сообщением Init, в которое добавлены его параметры сессии.

4. «Активный» маршрутизатор проверяет параметры сессии из полученного сообщения Init на соответствие локальным настройкам.

5. Сессия LDP установлена.

Если на любом шаге алгоритма происходит ошибка или не совпадают параметры, то сессия остается не установленной. Маршрутизатор LSR, который обнаружил ошибку, передает сообщение Shutdown или Reject маршрутизатору LSR, с которым устанавливалась сессия LDP.

В состав сообщения Init входят следующие основные параметры:

— Protocol Version – версия протокола.

— KeepAlive Time – максимальное время между служебными сообщениями KeepAlive. При разном значении у двух соседних маршрутизаторов LSR выбирается минимальное.

— A — bit (Label Advertisement Discipline) — бит, указывающий на режим обмена информацией о метках. Если значение равно 0, то метки отправляются без запроса, если значение равно 1, то метки отправляются только после запроса.

— D — bit (Loop Detection) — бит, указывающий на включение режима предотвращения образования циклов.

— PVLim (Path Vector Limit) — переменная, используемая для работы режима предотвращения образования циклов.

— Max PDU Length — максимальная длина группированного сообщения PDU (Protocol Data Units). Сообщения протокола LDP группируются в пакеты PDU, затем они передаются в пакете TCP/IP. Даже одиночное сообщение протокола LDP группируется в сообщение PDU.

— Receiver LDP Identifier — идентификатор пространства меток LSI (Label Space Identifier)

В сообщении Init также содержится несколько дополнительных полей, описанных в стандарте. Сессия LDP будет считаться установленной, если у маршрутизаторов LSR совпадают версия протокола и значения поля A – bit совпадают. Если поля PVLim не совпадают, то на маршрутизаторе LSR будет вызвано предупреждение.

За каждой сессией LDP закрепляется таймер, который обнуляется после получения любого сообщения протокола LDP. Если сообщение не было получено в течение времени KeepAlive Time, то сосед считается отключенным. Если у маршрутизатора LSR нет текущих сообщений протокола LDP для отправки, он должен отправить служебное сообщение KeepAlive.

У каждой сессии LDP существует ряд параметров, которые определяют тип и режим работы. Параметры сессии LDP можно разделить на 3 группы:

— Режим обмена метками (Label Distribution Mode);

— Режим контроля распространения меток (Label Distribution Control);

— Режим сохранения меток (Label Retention Mode).

Режим обмена метками разрешает использовать два различных метода распространения меток в сети MPLS: с запросом (Downstream On Demand) и без запроса (Downstream Unsolicited). При выборе метода с запросом маршрутизатор LSR должен запрашивать метку для пути LSP определенного класса FEC у маршрутизатора LSR, который является следующим шагом (Next-Hop LSR, NH-LSR) в пути LSP. Таким образом, распространение меток для каждого пути LSP будет происходить со стороны получателя в сторону отправителя, то есть навстречу будущему потоку сообщений, передаваемых по данному пути LSP. При работе метода без запроса маршрутизатор LSR для каждого класса FEC создает метку самостоятельно и рассылает ее своим соседям, не дожидаясь метки от маршрутизатора NH-LSR.

Режим контроля распространения меток возможен в двух вариантах: независимого контроля (Independent Label Distribution Control) и упорядоченного контроля (Ordered Label Distribution Control). В случае использования независимого контроля над распространением меток каждый маршрутизатор LSR может рассылать метки своим соседям для тех классов FEC, для которых он сам не имеет выходной метки для маршрутизатора NH-LSR. При использовании упорядоченного контроля маршрутизатор LSR может рассылать метки для определенного класса FEC только после того, как он сам получит метку для этого класса FEC от маршрутизатора NH-LSR. В таком режиме рассылки первую метку для каждого класса FEC рассылает тот маршрутизатор LSR, который является непосредственно подключенным к данному классу FEC.

Режим сохранения меток также может быть выбран из двух возможных: сдержанный режим (Conservative Label Retention Mode) и свободный режим (Liberal Label Retention Mode). При использовании сдержанного режима сохранения меток при удалении или изменении пути LSP для класса FEC метки удаляются полностью, и для восстановления пути LSP потребуется проводить всю процедуру заново. При свободном режиме работы при удалении или изменении пути LSP метка

не удаляется, а только помечается как неактивная, и при восстановлении пути LSP не создается новая, а восстанавливается старая путем изменения состояния на «активная».

Во время работы протокола LDP маршрутизаторы LSR должны реагировать на следующие события, происходящие в сети MPLS: появление записи нового класса FEC в таблице маршрутизации, исчезновение записи класса FEC в таблице маршрутизации и изменение маршрутизатора следующего шага NH-LSR для записи класса FEC.

При исчезновении записи класса FEC в таблице маршрутизации или коммутации все маршрутизаторы LSR, через которые проходил путь LSP для данного FEC, должны отозвать назначенные метки у соседних маршрутизаторов, разослав сообщения Label Withdraw.

Заключение

Транспортная отрасль имеет отличительные особенности: динамическое изменение положения объектов информатизации, наличие различных видов используемых сервисов и предоставляемых услуг. Все эти особенности должны быть учтены при рассмотрении объектов информатизации.

Своевременное реагирование на изменение топологии сети и изменение путей LSP должно быть сразу обработано алгоритмом распределения меток.

В данной статье были рассмотрены основные аспекты функционирования мультисервисной сети транспортной отрасли:

Идея построения единого интегрированного информационно-коммуникационного пространства транспортной отрасли, в основе которого лежит мультисервисная сеть транспортной отрасли позволит соответствовать современным требованиям и стратегии развития транспортной отрасли.

Динамическое изменение структуры должно быть своевременно обработано алгоритмом распределения меток.

Механизм распределения меток в сетях MPLS является основой для функционирования. Быстрая, скоординированная работа данного алгоритма позволит обеспечить высокое качество обслуживания.

Список литературы

1. Соколов С. С. Основные аспекты автоматизации деятельности транспортных объектов / С. С. Соколов // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 5. — С. 83; URL: <http://www.science-education.ru/111-10277> (дата обращения: 15.10.2014).

2. Белоусов А. С. Организация сетевой инфраструктуры территориально распределенной информационной системы транспортной отрасли / А. С. Белоусов, А. В. Черняков, А. П. Нырков // Материалы работы научно-исследовательской конференции студентов и аспирантов факультета информационных технологий. «ИТ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА — 2014». — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2014. — С. 64–69.

3. Нырков А. П. Перспектива применения методов виртуального сегментирования сетевой инфраструктуры информационных транспортных систем / А. П. Нырков, А. С. Белоусов, К. С. Воеводский // Материалы международной научно-практической конференции «Информационные управляющие системы и технологии» (ИУСТ–Одесса–2013). — Одесса, 2013. — С. 151–153.

4. Нырков А. П. Мультисервисная сеть транспортной отрасли / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. С. Белоусов // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2014. — № 4 (118). — С. 33–38.

5. Нырков А. П. Помехозащищенность как фактор обеспечения стабильной работы сети передачи данных на транспорте / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. С. Белоусов // Сборник научных трудов Sworld. — 2013. — Т. 8. — № 1. — С. 5–9.

6. Нырков А. П. Обеспечение безопасного функционирования мультисервисной сети транспортной отрасли / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. С. Белоусов, Н. М. Ковальногова, В. А. Мальцев // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. — 2014. — № 2 (32). — С. 143–149.

7. Каторин Ю.Ф. Защищенность информации в каналах передачи данных в береговых сетях автоматизированной идентификационной системы / Ю. Ф. Каторин, В. В. Коротков, А. П. Нырков // Журнал университета водных коммуникаций. — 2012. — № 1. — С. 98–102.

8. Самуйлов Е. К. Методы анализа и расчета мультисервисных сетей связи / Е. К. Самуйлов // Материалы Всероссийской Школы для молодежи «Физико-технические проблемы информационной безопасности телекоммуникационных систем». — М.: Горячая линия — Телеком, 2009. — 256 с.

9. Наумов В. А. Теория телетрафика мультисервисных сетей / В. А. Наумов, К. Е. Самуйлов, Н. В. Яркина. — М.: РУДН, 2007. — 191 с.

10. Нырков А. П. Протоколы маршрутизации в мультисервисных сетях транспортной отрасли / А. П. Нырков, А. С. Белоусов, А. В. Черняков // Материалы международной научно-практической конференции «Информационные управляющие системы и технологии» (ИУСТ–Одесса–2014). — Одесса, 2014. — С. 238–240.

11. Andersson L., Doolan P., Feldman N., Fredette A., Thomas B.- RFC 3036. LDP Specification — Cisco Systems, Inc., 2001.

УДК 51-74

В. А. Мальцев,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПАЛУБНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ КОНТЕЙНЕРОВОЗА

THE USE OF FINITE ELEMENT METHOD TO CALCULATE THE STRESS-STRAIN STATE OF CONTAINERSHIP DECK GRILLAGE

В статье рассматривается задача расчета напряженно-деформированного состояния палубных перекрытий (крышек люков трюмов), использующихся для погрузки контейнеров. Крышки люка представляют собой однородные пластины с заранее известными параметрами. Расчет производится методом конечных элементов, при этом разбиение на конечные элементы происходит согласно триангуляции Делоне. Дальнейшее определение напряженно-деформированного состояния производится методом Рунца, находится матрица жесткости, связывающая нагрузки и перемещения, с помощью которой вычисляются прогибы в любой точке пластины.

The article states the problem of calculating the stress-strain state of deck grillage (manhole covers holds) used for loading containers. Hatch covers are homogeneous plate with known in advance parameters. The calculation is performed using finite element method, with the division into finite elements takes place according to the Delaunay triangulation. Further definition of the stress-strain state is produced by the Ritz method, the stiffness matrix linking load and displacement, which are calculated using the deflection at any point on the plate.

Ключевые слова: палубные перекрытия, метод конечных элементов, триангуляция Делоне, метод Рунца, матрица жесткости.

Key words: deck grillage, finite element method, Delaunay triangulation, Ritz method, stiffness matrix.