

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ СУПЕРКАНАЛА С НЕОБХОДИМОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ В СЕТИ, ПОСТРОЕННОЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ (T-SDN)

Деарт Владимир Юрьевич,
МТУСИ, Москва, Россия,
vdeart@mail.ru

Фатхулин Тимур Джалилевич,
МТУСИ, Москва, Россия,
timurfatkhulin@yandex.ru

DOI 10.24411/2072-8735-2018-10152

Ключевые слова: транспортные программно-конфигурируемые сети (T-SDN), технология, скорость передачи, алгоритм, суперканал, маршрут, длина волны.

Предметом исследования является технология транспортных программно-конфигурируемых сетей (Transport Software-Defined Networks – T-SDN). Цель статьи – на основе анализа процесса создания суперканала в сети, построенной по технологии T-SDN, разработать алгоритм формирования суперканала с гарантированной полосой пропускания для пользователя. Проводится верификация разработанного программного обеспечения и сравнение результатов с Рекомендацией МСЭ-Т. Методологическую основу статьи составляют методы теоретического анализа, описательный метод, метод обобщения, а также метод синтеза. Рассмотрены предпосылки для внедрения технологии T-SDN, предоставляющей сервис Bandwidth on Demand, такие как необходимость обеспечения гарантированной полосы пропускания между ЦОД (центрами обработки данных) на время решения общих задач для реализации облачных сервисов, организации маршрута в режиме реального времени, а также изменения параметров оптического уровня. Разработанный алгоритм позволит оценить возможность создания суперканала и определить его основные параметры применительно к любой топологии существующей или проектируемой сети. При получении от пользователя требования на гарантированную полосу пропускания программное обеспечение, реализующее разрабатываемый алгоритм, начинает анализировать текущую топологию сети и занятость длин волн в рабочем диапазоне на каждом участке между сетевыми элементами. Затем для запрашиваемой скорости передачи определяется необходимое количество оптических несущих, скорость каждой оптической несущей, а также количество блоков данных (ODU) и транспортных блоков (OTU), в которых размещается пользовательский трафик. Важно отметить, что алгоритм осуществляет оптимизацию при размещении. Количество блоков данных и транспортных блоков рассчитывается таким образом, что число оптических несущих минимизируется. Программа анализирует возможность создания суперканала на всех участках между сетевыми элементами, затем по итогам анализа производится размещение используемых оптических несущих в суперканале для выбранного пути. Рассмотрен пример создания суперканала с необходимой пропускной способностью в сети, построенной по технологии T-SDN для топологии сети домена, которая позволяет учитывать возможность перестроения маршрута. В заключении сделаны выводы о том, что разработанный алгоритм в полной мере позволяет реализовать создание суперканала с гарантированной полосой пропускания для пользователя.

Информация об авторах:

Деарт Владимир Юрьевич, доцент, доцент, к.т.н., Московский технический университет связи и информатики, кафедра сетей связи и систем коммутации, Москва, Россия

Фатхулин Тимур Джалилевич, ассистент, аспирант, Московский технический университет связи и информатики, кафедра сетей связи и систем коммутации, Москва, Россия

Для цитирования:

Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д. Анализ процесса создания суперканала с необходимой пропускной способностью в сети, построенной по технологии транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN) // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №10. С. 23-30.

For citation:

Deart V.Yu., Fatkhulin T.D. (2018). Analysis of the process of creating a superchannel with the necessary capacity in the network organized according to transport software-defined networks (T-SDN) technology. *T-Comm*, vol. 12, no.10, pp. 23-30. (in Russian)

Введение

Принципиально новый подход к построению транспортных сетей с использованием технологии SDN (Software Defined Networks) позволяет уже сейчас значительно расширить возможности ЦОД (центров обработки данных), что в свою очередь увеличивает функционал облачных сервисов. Также на практике часто возникает необходимость обеспечить необходимую гарантированную полосу пропускания между двумя ЦОД на время решения общих задач для реализации облачных сервисов. Организация маршрута должна выполняться в режиме реального времени и с обеспечением необходимой гарантированной пропускной способности, при этом может понадобиться изменить параметры оптического уровня. Для решения подобных задач следует использовать транспортные программно-конфигурируемые сети (Transport Software-Defined Networks – T-SDN) с полностью управляемым оптическим уровнем, предоставляющие сервис Bandwidth on Demand. При наличии в сети нескольких доменов используются доменные T-SDN контроллеры и общесетевой T-SDN контроллер [5, 8].

Таким образом, технология T-SDN является основой для построения современных и перспективных транспортных сетей. Для реализации сервиса Bandwidth on Demand необходимо создать суперканал между сетевыми элементами (СЭ). В настоящей работе представлен разработанный лично авторами алгоритм, на основании которого формируется суперканал для предоставления необходимой пропускной способности пользователю. Подробно технология Super Channel рассмотрена в работе [3].

Алгоритм предоставления маршрута с гарантированной полосой пропускания для пользователя

В представленной работе рассмотрен процесс создания суперканала с необходимой пропускной способностью в сети, построенной по технологии T-SDN. Разработанный алгоритм позволит оценить возможность создания суперканала и определить его основные параметры применительно к любой топологии существующей или проектируемой сети. Решаемая задача сводится к поиску пути на оптическом уровне (DWDM/OTN) и не учитывает перемаршрутизацию на уровне IP/MPLS. В общем случае на сети используются СЭ с транспондерами, поддерживающими функции, описанные в работах [4, 6], и скорости передачи, указанные в табл. 1, таким образом, рассматриваются обобщенные показатели транспондеров.

Таблица 1

Скорость передачи, Гбит/с	Формат модуляции	Шаг сетки частот, ГГц
1.25	NRZ	50, при создании Super Channel 37.5
2.5	NRZ	
10	NRZ	
40	DPSK, NRZ ADPSK, DP-QPSK	
100	DP-QPSK	50
200	DP-16QAM, DP-8QAM	

На практике при построении внутренней структуры ЦОД для серверов используются транспондеры 10G, т.е. со стороны ЦОД клиентские порты будут 10G. При этом существует

несколько вариантов передачи данных от одного ЦОД к другому, наиболее используемые:

- 1) использование специальных объединяющих плат (несколько 10G объединяются в канал с большой пропускной способностью, например, 100G);
- 2) использование объединения потоков 10G на уровне OTN (OTU 4).

Рассмотрим пример физического взаимодействия между ЦОД с использованием оборудования компании Nokia (fAlcatel-Lucent), а именно платы 112SDX11. Настоящая плата является высокопроизводительным Ethernet мукспондером, поддерживающим функцию связи между ЦОД. Она может мультиплексировать до 10 клиентских сигналов 10GE (10 Гбит/с) в кадр уровня OTU 4 для передачи в сеть через оптический интерфейс OTM-0.4v4 (рис. 1).

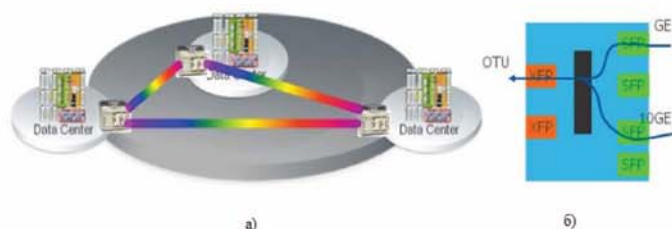


Рис. 1. Пример физического взаимодействия между ЦОД (а) и принцип работы платы 112SDX11 (б)

Хотя этот транспондер в общем случае называется транспондером «100G», номинальная скорость передачи данных OTU 4 на линейном интерфейсе составляет 111.809 Гбит/с, с отклонением битовой скорости ± 20 ppm. Все клиентские интерфейсы могут обеспечивать транспортировку 10GE клиентских сигналов (рис. 2). 112SDX11 поддерживает многоскоростные и многопротокольные клиентские интерфейсы, способные передавать 4/8/10/16G, 10 Gb LAN, 40 GbE или OTU2/2e/1f клиентские сигналы. Обеспечивается передача до 11 независимых клиентских сигналов любой комбинации, которые могут быть мультиплексированы и отправлены в линию. Может использоваться настраиваемая линейная оптика во всей полосе передачи, способная поддерживать все 88 каналов (с сеткой частот 50 ГГц в С-диапазоне) в системе WDM 1830 PSS. Линейный сигнал на выходе из платы передается в формате DP-QPSK. Важно отметить, настоящая плата выполняет операции с малой задержкой, что позволяет обеспечивать необходимое качество предоставляемых сервисов. Для повышения помехозащищенности на линейных интерфейсах могут применяться различные модификации FEC.

Таким образом, при описании процесса создания суперканала с необходимой пропускной способностью следует рассматривать следующие скорости передачи: 10 Гбит/с, 40 Гбит/с, 100 Гбит/с и 200 Гбит/с. При создании суперканала необходимо учитывать, передается только трафик STM-64 (9.96 Гбит/с) или может передаваться Ethernet трафик со скоростью 10GE (9.96 Гбит/с при использовании GFP-T/F, 11.049 Гбит/с (EFEC) или 11.096 Гбит/с (EFEC2) при использовании CBR10G), что влияет на выбор транспондера и блоков данных (ODU2 или ODU2e), в которых передается трафик [1, 2 и 7]. В частном случае, при использовании модели для сети, на которой имеются разнородные СЭ, при построении алгоритма следует учитывать дополнитель-

ные ограничения, такие как поддерживаемые используемыми СЭ скорости передачи, соответствующие форматы модуляции и сетки частот.

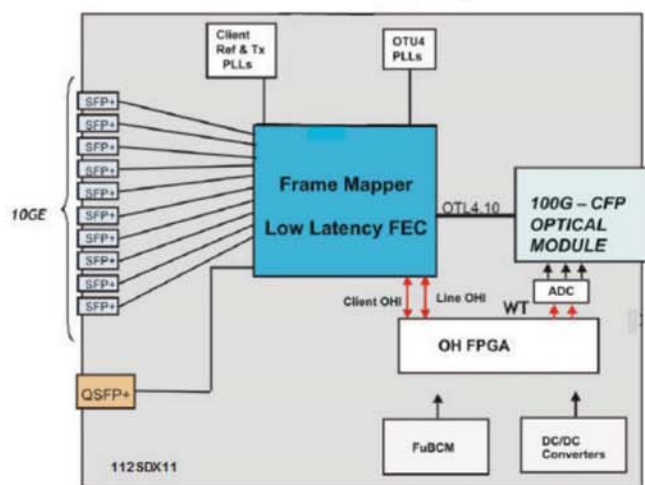


Рис. 2. Блок-схема платы 112SDX11

В общем случае соединительные участки между СЭ обозначим через $L_{m,n}$, где m и n – индексы для обозначения номеров исходного и конечного СЭ соответственно. В качестве входных данных будем использовать:

- 1) оптическую сеть, заданную матрицей узлов сетевых элементов с соответствующими связями (топология сети);
- 2) описание сетевых интерфейсов (тип транспондера и число используемых длин волн в рабочих диапазонах λ_k , и поддерживаемые уровни мультиплексирования ODU (OTN));
- 3) требуемую скорость передачи, для предоставления которой создается Super Channel;
- 4) тип трафика и используемые транспондеры.

Используемые на участке $L_{m,n}$ длины волн в рабочих диапазонах зададим одномерной матрицей вида:

$$ML_{m,n} = (\lambda_1, \dots, \lambda_{k_{max}}),$$

где λ_k – определяет, используется k -ая длина волны другими пользователями или нет (1 – используется, 0 – не используется). Для рабочих диапазонов С и L при использовании сетки частот 50 ГГц $k_{max} = 192$. При использовании других спектральных диапазонов значение k_{max} будет отличаться. Максимальное количество участков между сетевыми элементами обозначим как L_{max} . Значения k_{max} и L_{max} вычисляются программой, реализующей алгоритм предоставления гарантированной полосы пропускания. Сведения о связях сетевых элементов различными участками $L_{m,n}$ будут содержаться в двумерной матрице путей $R(i, j)$, где количеству строк будет соответствовать количество участков ($i = 1, \dots, L_{max}$) которые могут быть использованы, а количество столбцов будет равно k_{max} ($j = 1, \dots, k_{max}$). Матрица может изменять свою размерность в зависимости от топологии сети и используемых диапазонов. Матрица вводится в программу, реализующую алгоритм, при помощи текстового файла «input.txt».

К исходным данным также относятся запрашиваемая полоса пропускания – Speed, GFP – флаг, показывающий, используется GFP-T/F (значение 1) или CBR10G (значение 0) для размещения 10 GE трафика. Вводятся матрицы для за-

поминания текущих состояний: $UL(i)$ – матрица подходящих путей $L_{m,n}$, $FWL(i)$ – матрица, определяющая первую длину волны для создания суперканала на пути $L_{m,n}$, $L200(i, j)$, $L100(i, j)$, $L40(i, j)$ и $L10(i, j)$ – матрицы, определяющие каждую оптическую несущую со скоростями передачи 200, 100, 40 и 10 Гбит/с и соответственно используемые длины волн. Используется несколько счетчиков, таких как SupCh – требуемое количество оптических несущих; NL – количество незанятых несущих; k_T – первая свободная длина волны для создания суперканала; count_UL – счетчик подходящих участков; Sch200, Sch100, Sch40, Sch10 – счетчики оптических несущих соответствующих скоростей 200, 100, 40, 10 Гбит/с; ODU4, ODU3, ODU2, ODU2e – счетчики блоков данных соответствующих уровней OTN; OTU4, OTU3, OTU2, OTU2e – счетчики транспортных блоков соответствующих уровней OTN; k_{200} , k_{100} , k_{40} – счетчики первых свободных длин волн для оптических несущих со скоростями 200, 100 и 40 Гбит/с соответственно. Используются операторы целочисленного деления – $\lfloor \]$ и взятия остатка от деления $\text{mod}(\)$.

Разработанная программа предоставления маршрута с гарантированной полосой пропускания для пользователя отличается высокой гибкостью и универсальностью. Изначально пользователь запрашивает необходимую скорость передачи и определяет способы размещения Ethernet трафика – GFP-T/F или CBR10G. Программа вычисляет необходимое количество оптических несущих, скорость каждой оптической несущей, а также количество блоков данных (ODU) и транспортных блоков (OTU), в которых размещается пользовательский трафик. Важно отметить, что алгоритм осуществляет оптимизацию при размещении. Количество блоков данных и транспортных блоков рассчитывается таким образом, что число оптических несущих минимизируется. Далее загружается текстовый файл «input.txt», вычисляются значения i и j , определяется размерность матрицы $R(i, j)$. Программа анализирует возможность создания суперканала на всех участках между СЭ и при возможности предоставления запрашиваемой скорости указывает это, записав «1» в матрице $UL(i)$ на месте подходящего пути. Аналогично в матрице $FWL(i)$ для этого участка указывается значение первой длины волны для создания суперканала. Сведения о состоянии матриц выводятся на экран, а также записываются в текстовые файлы «UL.txt» и «FWL.txt» соответственно. Затем по итогам анализа топологии и записям матриц $UL(i)$ и $FWL(i)$ производится размещение используемых оптических несущих в суперканале (сначала 200Гбит/с, затем 100Гбит/с, 40Гбит/с и 10Гбит/с) и запись «1» в матрицы $L200(i, j)$, $L100(i, j)$, $L40(i, j)$ и $L10(i, j)$ для выбранного пути. Запись осуществляется только в матрицы используемых оптических несущих. В файлы «L200.txt», «L100.txt», «L40.txt» и «L10.txt» производится запись значений соответствующих матриц. Стоит отметить, что при перезапуске программы матрицы $UL(i)$, $FWL(i)$, $L200(i, j)$, $L100(i, j)$, $L40(i, j)$ и $L10(i, j)$ перезаписываются заново, что значительно упрощает использование программы.

Гибкость программы заключается также в том, что задав только матрицу $R(i, j)$ через входной файл, размерность этой, а также других матриц определяется автоматически, т.е. программа становится полностью универсальной для любой топологии.

В результате работы программы контроллер T-SDN получает набор файлов, обработав которые при помощи различных сетевых приложений, он автоматически способен построить маршрут и на основе матриц $L_{200}(i, j)$, $L_{100}(i, j)$, $L_{40}(i, j)$ и $L_{10}(i, j)$ выделить на каждом участке, используя матрицу $UL(i)$, определенной оптической несущей необходимую длину волны на основании информации из матрицы $FWL(i)$.

На рисунке 3 показана блок-схема обобщенного алгоритма предоставления гарантированной полосы пропускания. На рисунке 4 представлена процедура определения количества блоков ODU, OTU, оптических несущих и скоростей передачи информации каждой, на рис. 5 изображена процедура анализа возможности создания суперканала на данном оптическом участке, на рисунке 6 показана процедура размещения оптических несущих в суперканале.

На рисунках 5 и 6 используются обозначения шагов изменения счетчиков циклов – $di=1$, $dk=1$. Программное обеспечение, реализующее алгоритм, написано на языке программирования C++.

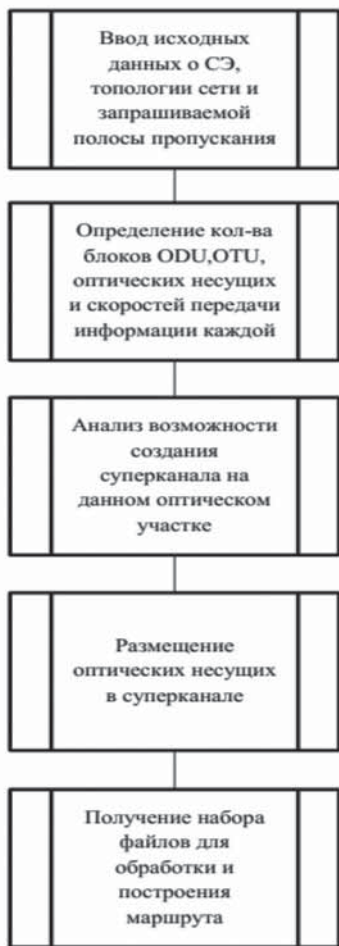


Рис. 3. Алгоритм предоставления гарантированной полосы пропускания

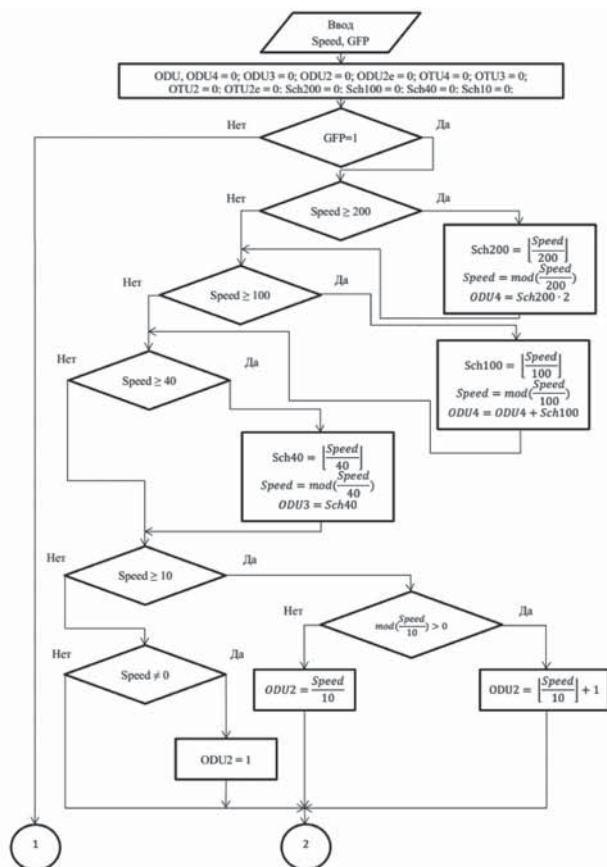


Рис. 4а

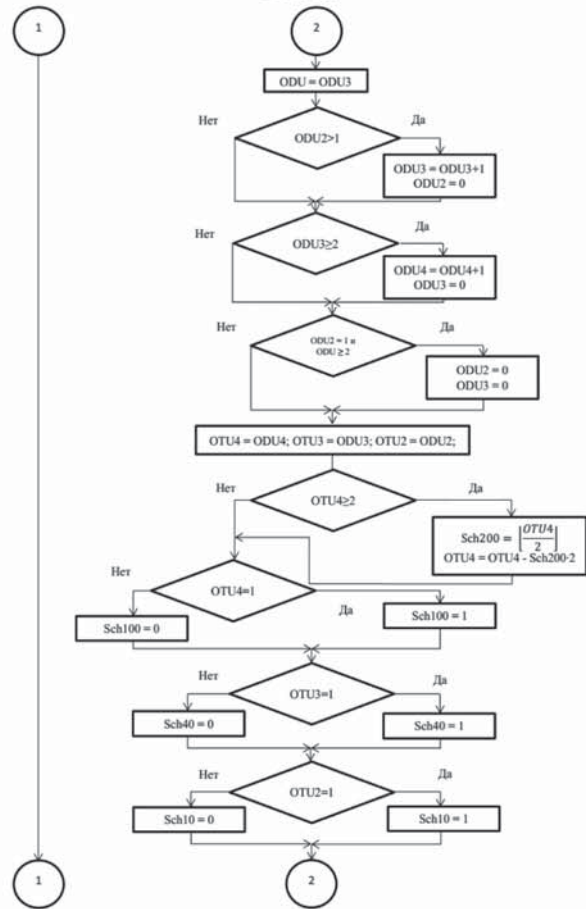


Рис. 4б

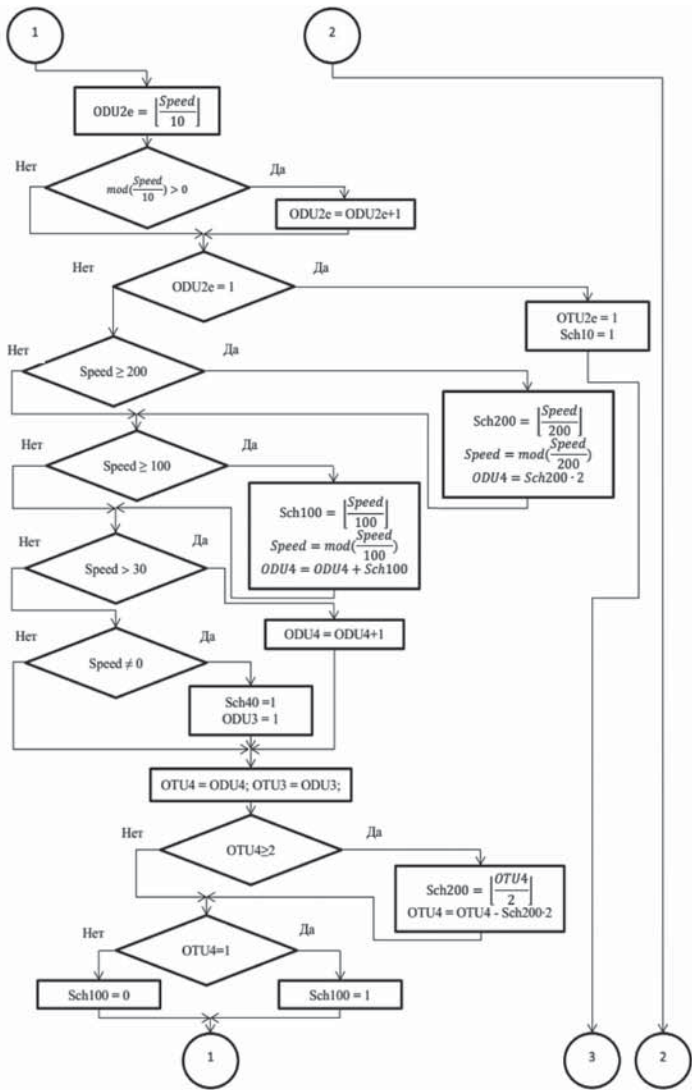
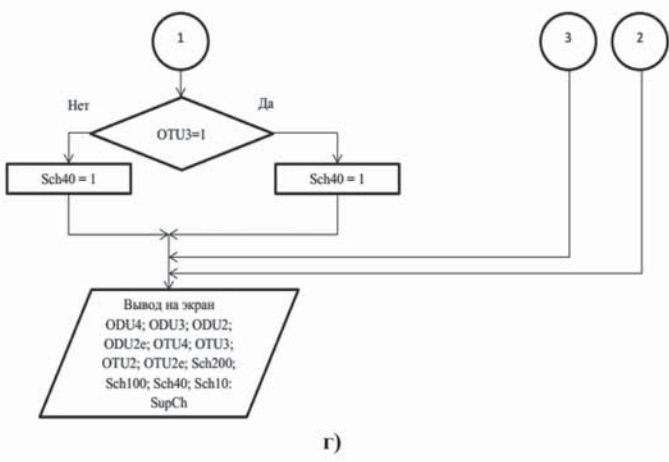


Рис. 4в



г)

Рис. 4. Процедура определения количества блоков ODU, OTU, оптических несущих и скоростей передачи информации каждой (а, б, в, г)

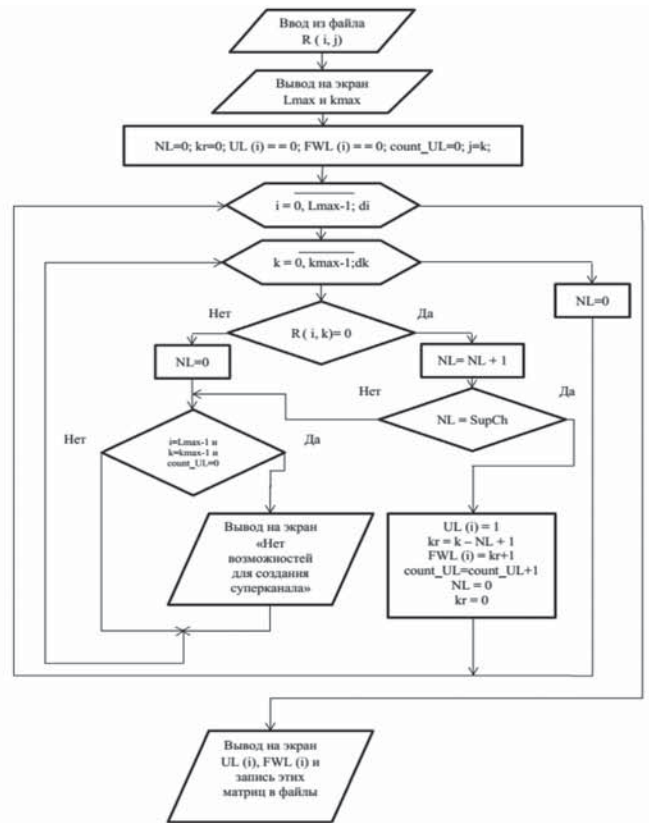


Рис. 5. Процедура анализа возможности создания суперканала на данном оптическом участке

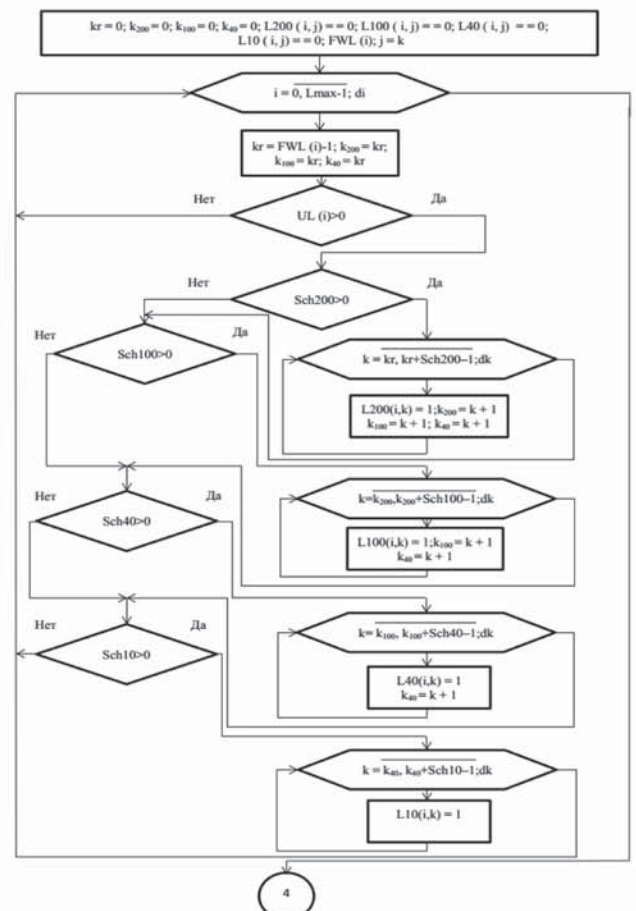


Рис. 6а

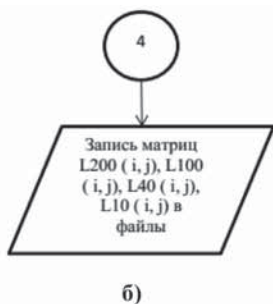


Рис. 6. Процедура размещения оптических несущих в суперканале (а, б)

Пример работы алгоритма предоставления маршрута с гарантированной полосой пропускания для пользователя

Рассмотрим пример создания суперканала с необходимой пропускной способностью в сети, построенной по технологии T-SDN. Задана топология сети домена (рис. 7), которая позволяет учитывать возможность перестроения маршрута. На сети используются однородные СЭ с одинаковыми транспондерами, поддерживающими скорости передачи: 10 Гбит/с, 40 Гбит/с, 100 Гбит/с и 200 Гбит/с. При создании суперканала учитывается, передается только трафик STM-64 или может передаваться Ethernet трафик со скоростью 10GE. Моделируемая мультисервисная транспортная платформа, представленная СЭ, относится к перспективным разработкам с полностью управляемым оптическим уровнем.

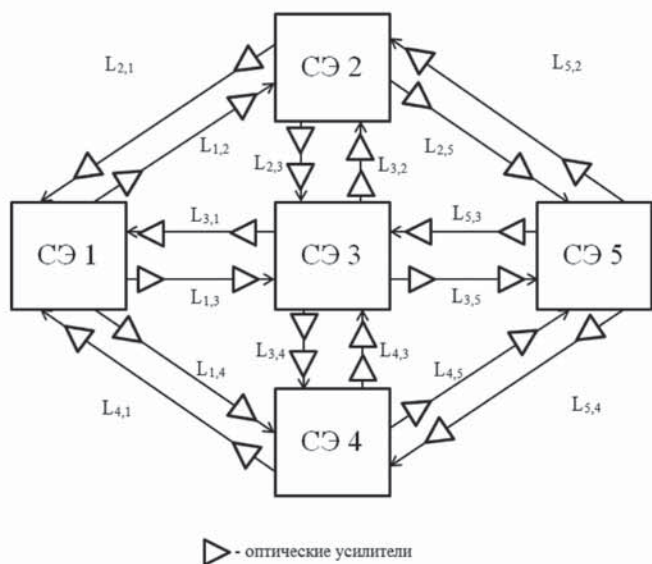


Рис. 7. Топология сети домена

Необходимо решить задачу нахождения пути между СЭ 1 и СЭ 5. Соединительные участки обозначим через $L_{m,n}$, где $m = 1, \dots, 5$ и $n = 1, \dots, 5$. Всего для исследуемой топологии существует 9 вариантов маршрута и 10 соединительных участков ($L_{max}=10$):

- 1) 1-3-5 ($L_{1,3} - L_{3,5}$);
- 2) 1-2-5 ($L_{1,2} - L_{2,5}$);

- 3) 1-4-5 ($L_{1,4} - L_{4,5}$);
- 4) 1-2-3-5 ($L_{1,2} - L_{2,3} - L_{3,5}$);
- 5) 1-4-3-5 ($L_{1,4} - L_{4,3} - L_{3,5}$);
- 6) 1-2-3-4-5 ($L_{1,2} - L_{2,3} - L_{3,4} - L_{4,5}$);
- 7) 1-4-3-2-5 ($L_{1,4} - L_{4,3} - L_{3,2} - L_{2,5}$);
- 8) 1-3-2-5 ($L_{1,3} - L_{3,2} - L_{2,5}$);
- 9) 1-3-4-5 ($L_{1,3} - L_{3,4} - L_{4,5}$);

В качестве входных данных используются:

- 1) топология сети, задаваемая текстовым файлом «input.txt»;
- 2) число используемых длин волн в рабочих диапазонах λ_k , задаваемое текстовым файлом «input.txt»;
- 3) требуемая скорость передачи, для предоставления которой создается Super Channel;
- 4) тип трафика.

Матрица $R(i, j)$ вводится в программу при помощи текстового файла «input.txt». Для исследуемой топологии строки соответствуют следующим участкам: $L_{1,2}, L_{1,3}, L_{1,4}, L_{2,3}, L_{2,5}, L_{3,2}, L_{3,4}, L_{3,5}, L_{4,3}, L_{4,5}$. Исследование проводится для трех вариантов загрузки сети: низкая загрузка (свободные длины волн находятся почти сразу, например, со 2-ой или 10-ой длины волны), средняя загрузка (свободные длины волн располагаются в середине используемых диапазонов, например, с 95-ой по 105-ую длину волны), высокая загрузка (свободные длины волн находятся в конце диапазона, например, 180-ая длина волны). Также для исследования рассматриваются такие запрашиваемые скорости, которые позволяют использовать 1, 2, 3, 4 и 5 оптических длин волн, например, 10Гбит/с – 1 длина волны, 100Гбит/с – 1 длина волны, 400Гбит/с – 2 длины волны, 500Гбит/с – 3 длины волны, 800Гбит/с – 4 длины волны и 1000Гбит/с – 5 длин волн.

Для исследуемой топологии матрицы $UL(i)$ и $FWL(i)$ имеют следующий вид:

$$UL(i) = \begin{pmatrix} L_{1,2} \\ L_{1,3} \\ L_{1,4} \\ L_{2,3} \\ L_{2,5} \\ L_{3,2} \\ L_{3,4} \\ L_{3,5} \\ L_{4,3} \\ L_{4,5} \end{pmatrix}, FWL(i) = \begin{pmatrix} L_{1,2} \\ L_{1,3} \\ L_{1,4} \\ L_{2,3} \\ L_{2,5} \\ L_{3,2} \\ L_{3,4} \\ L_{3,5} \\ L_{4,3} \\ L_{4,5} \end{pmatrix}.$$

При всех исследуемых вариантах загрузки сети программа показала высокое быстродействие – время на обработку входных данных и формирования выходных данных составило менее 1 с. Результаты работы программы для исследуемой топологии, при условии, что на всех участках возможно предоставление запрашиваемой скорости, представлены в табл. 2 (использование GFP-T/F) и 3 (использование CBR10G). Результаты размещения оптических поднесущих для рассматриваемой топологии представлены в табл. 4.

Таблица 2

Скорость (Speed), Гбит/с	Количество оптических несущих				Используемые Блоки OTN			SupCh
	Sch200	Sch100	Sch40	Sch10	ODU4	ODU3	ODU2	
10	0	0	0	1	0	0	1	1
40	0	0	1	0	0	1	0	1
100	0	1	0	0	1	0	0	1
400	2	0	0	0	4	0	0	2
500	2	1	0	0	5	0	0	3
800	4	0	0	0	8	0	0	4
1000	5	0	0	0	10	0	0	5

Таблица 3

Скорость (Speed), Гбит/с	Количество оптических несущих				Используемые блоки OTN			SupCh
	Sch200	Sch100	Sch40	Sch10	ODU4	ODU3	ODU2e	
10	0	0	0	1	0	0	1	1
40	0	1	0	0	1	0	4	1
100	0	1	0	0	1	0	10	1
400	2	0	0	0	4	0	40	2
500	2	1	0	0	5	0	50	3
800	4	0	0	0	8	0	80	4
1000	5	0	0	0	10	0	100	5

Таблица 4

L _{m,n}	UL(i)	FWL(i)				
		100Гбит/с, Sch100=1	400Гбит/с, Sch200=2	500Гбит/с, Sch200=2; Sch100=1	800Гбит/с, Sch200=4	100Гбит/с, Sch200=5
L _{1,2}	1	3	21	34	100	180
L _{1,3}	1	1	18	47	95	120
L _{1,4}	1	5	15	45	90	140
L _{2,3}	1	2	20	47	100	120
L _{2,5}	1	5	21	34	95	180
L _{3,2}	1	7	20	45	100	150
L _{3,4}	1	9	11	34	107	170
L _{3,5}	1	1	15	45	90	120
L _{4,3}	1	7	21	34	100	180
L _{4,5}	1	3	21	45	95	120

Выводы

С точки зрения полученных результатов можно сделать следующие выводы: во-первых, разработанное программное обеспечение в полной мере реализует алгоритм предоставления маршрута с гарантированной полосой пропускания

для пользователя, что подтверждено результатами работы программы, представленными в таблицах № 2, 3 и 4, которые согласуются с Рекомендацией G.709/Y.1331; во-вторых, при расположении оптических несущих в рабочих диапазонах выбирается первая свободная область, соответствующая необходимому количеству поднесущих; в-третьих, важно отметить, разработанный алгоритм позволяет минимизировать количество оптических несущих, что увеличивает вероятность предоставления сервиса; в-четвертых, программа отличается высоким быстродействием и гибкостью ввода входных данных; в-пятых, на основе полученных выходных файлов доменный T-SDN контроллер задает транспондерам какие оптические несущие использовать и как их располагать в рабочих диапазонах.

Литература

1. Деарт В.Ю. Мультисервисные сети связи. Транспортные сети и сети доступа. М.: Брис-М, 2014. 189 с.
2. Деарт В.Ю. Мультисервисные сети связи. Протоколы и системы управления сеансами (Softswitch/IMS). М.: Брис-М, 2011. 198 с.
3. Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д. Анализ современного состояния транспортных сетей с целью внедрения технологии программно-конфигурируемых сетей (SDN) // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №6. С. 4-9.
4. Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д. Анализ технических характеристик транспондеров, используемых в транспортных программно-конфигурируемых сетях (T-SDN). Труды международной научно-технической конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы – 2017». М.: Горячая линия – Телеком, 2017. С. 46-47.
5. Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д. Анализ транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN) с управляемым оптическим уровнем с целью получения модели, позволяющей оценить возможность предоставления сервиса Bandwidth on Demand // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Т.12. №4. С.35-42.
6. Коган С. Перспективные транспортные METRO-решения для облачной сетевой инфраструктуры // Первая Миля. 2016. №8. С. 38-49.
7. Трещиков В.Н., Гуркин Н.В., Новиков А.Г., Наний О.Е. Российское DWDM-оборудование с канальной скоростью 100 Гбит/с // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2012, №4. С. 65-67.
8. Deart V., Fatkhulin T. Analysis of the Functioning of a Multi-Domain Transport Software-Defined Network with Controlled Optical Layer. Proceeding of the 21-st Conference of FRUCT Association, Finland, 6-10 November 2017, pp. 79-87.

ANALYSIS OF THE PROCESS OF CREATING A SUPERCHANNEL WITH THE NECESSARY CAPACITY IN THE NETWORK ORGANIZED ACCORDING TO TRANSPORT SOFTWARE-DEFINED NETWORKS (T-SDN) TECHNOLOGY

Vladimir Yu. Deart, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia, vdeart@mail.ru

Timur D. Fatkhulin, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia, timurfatkhulin@yandex.ru

Abstract

The subject of the study is the technology of Transport Software Defined Networks (T-SDN). The purpose of the article is to develop an algorithm for creating a superchannel with guaranteed bandwidth for the user based on the analysis of the process of creating a superchannel in a network constructed by T-SDN technology. Verification of the developed software and comparison of the results with the ITU-T Recommendation are carried out. The methodological basis of the article consists of methods of theoretical analysis, a descriptive method, a method of generalization, and a synthesis method. The article considers the possibilities for the introduction of T-SDN technology, providing the Bandwidth on Demand service, such as the need to provide guaranteed bandwidth between data centers (data centers) for the time of solving common tasks for realizing the cloud services; realization of the route in real time; changing the parameters of the optical level. The developed algorithm will allow estimating the possibility of creating a superchannel and determining its main parameters with respect to any topology of an existing or projected network. When receiving from the user a requirement for guaranteed bandwidth, the software that implements the algorithm being developed begins to analyze the current network topology and the employment of wavelengths in the operating range at each section between network elements. Then, the required number of optical carriers, the speed of each optical carrier, and the number of data units (ODU) and transport blocks (OTU) in which the user traffic is located are determined for the requested transmission rate. It is important to note that the algorithm performs optimization when placed. The number of data blocks and transport blocks is calculated in such a way that the number of optical carriers is minimized. The program analyzes the possibility of creating a superchannel in all areas between the network elements, then, based on the results of the analysis, the optical carriers in the superchannel are placed for the chosen path. An example of creating a superchannel with the required bandwidth in a network built using T-SDN technology for a domain network topology is considered, which allows to take into account the possibility of rebuilding the route. Finally, the conclusions are drawn that the developed algorithm fully allows to realize the creation of a superchannel with guaranteed bandwidth for the user.

Keywords: Transport Software Defined Networks (T-SDN), technology, transmission rate, algorithm, superchannel, route, wavelength.

References

1. Deart V. (2014). *Multiservice communication networks. Transport networks and access networks*. Moscow: Brice-M, 189 p. (in Russian)
2. Deart V. (2011). *Multiservice communication networks. Protocols and session management systems (Softswitch/IMS)*. Moscow: Brice-M, 198 p. (in Russian)
3. Deart V.Yu., Fatkhulin T.D. (2017). Analysis of current state of transport networks with the purpose of introducing software defined networks (SDN) technology. *T-Comm*, vol. II, no.6, pp. 4-9. (in Russian)
4. Deart V.Yu., Fatkhulin T.D. (2017). Analysis of technical characteristics of transponders used in transport software defined networks (T-SDN). *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Telecommunication and Computer Systems-2017"*. Moscow: Hot line – Telecom, pp. 46-47. (in Russian)
5. Deart V.Yu., Fatkhulin T.D. (2018). Analysis of transport software-defined networks (T-SDN) with controlled optical layer to obtain a model providing assessment of the possibility of Bandwidth on Demand service. *T-Comm*, vol. 12, no. 4, pp. 35-42. (in Russian)
6. Kogan S. (2016). Perspective transport METRO-solutions for cloud network infrastructure. *First Mile*. No. 8. pp. 38-49. (in Russian)
7. Treshchikov V.N., Gurkin N.V., Novikov A.G., Nanii O.E. The Russian DWDM equipment with channel speed of 100 Gbit/s. *T-Comm*, 2012, No. 4, pp. 65-67. (in Russian)
8. Deart V., Fatkhulin T. Analysis of the Functioning of a Multi-Domain Transport Software-Defined Network with Controlled Optical Layer. *Proceeding of the 21-st Conference of FRUCT Association*, Finland, 6-10 November 2017, pp. 79-87.

Information about authors:

Vladimir Yu. Deart, Professor, PhD, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Department of Telecommunication Networks and Switching Systems, Moscow, Russia

Timur D. Fatkhulin, assistant, a post-graduate student, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Department of Telecommunication Networks and Switching Systems, Moscow, Russia