

УДК 004.725.4

DOI: 10.26102/2310-6018/2019.26.3.039

Е. С. Маклаков, А.А. Гуламов

ОПТИМИЗАЦИЯ «ПОСЛЕДНИХ МИЛЬ» ДО УДАЛЕННЫХ УЗЛОВ ДОСТУПА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ LCAS

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

В статье рассматривается проблема построения и дальнейшей эксплуатации последних миль ведомственных сетей связи до точки присутствия операторов связи, а также вариант оптимизации оптических ведомственных сетей до удалённых узлов доступа в точке присутствия операторов связи. Описывается структурное расположение элементов сети. Обозначены основные применяемые топологии сетей доступа. Описана топология «кольцо». Рассматривается применение технологии LCAS с целью повышения пропускной способности отдельных каналов связи, сформированных в сети SDH. Проведен анализ работоспособности ведомственных сетей связи с применением технологии LCAS и без неё. Обозначены требования по организации каналов связи ведомственных сетей в электроэнергетике по типам каналов и по скоростям передачи. Описана технология организации сети SDH структура кадров и типы контейнеров, используемых для транспорта трафика в оптических сетях. Подробно описан принцип работы технологии LCAS в оптических сетях на примере организации кросс-коннектов VC контейнеров SDH. Определен ряд преимуществ использования данного метода оптимизации последних миль ведомственных сетей до точки присутствия операторов связи, которые в свою очередь подтверждены экспериментальным методом.

Ключевые слова: узел доступа, последние мили, транспортная сеть, синхронная цифровая иерархия, передача данных.

Введение. В настоящее время, актуальным является вопрос выбора технологии для организации каналов связи, соединяющих конечное оборудование с узлом доступа ведомственной сети в точке присутствия региональных операторов связи. Вопрос важен для организации связи региональных диспетчерских центров управления, в том числе и в электроэнергетике. С физической точки зрения несомненные преимущества будут у последних миль, построенных на базе волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) (последние мили, в соответствии с рекомендацией МСЭ-T G.983.1). Это, преимущество связано с масштабируемостью сетей и долговечностью линий связи. Впоследствии модернизация оборудования позволит увеличить скорость пропускания по тем же самым оптическим линиям, посредством применения различных видов компрессии передаваемого трафика. При этом построение собственных ВОЛС в связи с их значительным сроком эксплуатации является предпочтительным. [1]

Материалы и методы.

В сфере электроэнергетики, объекты должны быть обеспечены соответствующими каналами связи ведения диспетчерских переговоров,

технологической связи, в том числе дня нужд ремонтного персонала объектов.

Требования по надежности, достоверности и времени передачи должны соответствовать требованиям стандарта СТО 70238424.17.220.20.005-2011. Оперативно-диспетчерская связь и передача телемеханической информации, сигналов релейной защиты, противоаварийной автоматики и автоматического регулирования должны организовываться по двум каналам с независимыми трактами. Каналы служебной телефонной связи для организации взаимодействия с субъектами. При этом для организации каналов диспетчерской связи в электроэнергетике, должны использоваться ВОЛС. В связи с требованием стандарта необходима разработка и создание современных типовых схем последних миль для создания новых и реконструкции старых линий связи в электроэнергетике.

При использовании ВОЛС, в современных условиях широко используется технология SDH. Эта технология строится на базе потоков STM-х. С точки зрения практического использования оптимальным в соотношении цены и качества на настоящий момент является оборудование, поддерживающие поток STM-4 – 622 Мбит/с. [2]

В настоящее время в электроэнергетике, для построения последних миль использование кольцевой топологии ведомственных сетей до удалённых узлов доступа в точке присутствия региональных операторов связи позволяет реализовать условия, удовлетворяющие требованиям стандарта. При этом соединение всего оборудования производится по оптическим волокнам, образуя в конечном итоге схему в виде замкнутого кольца (Рисунок 1).

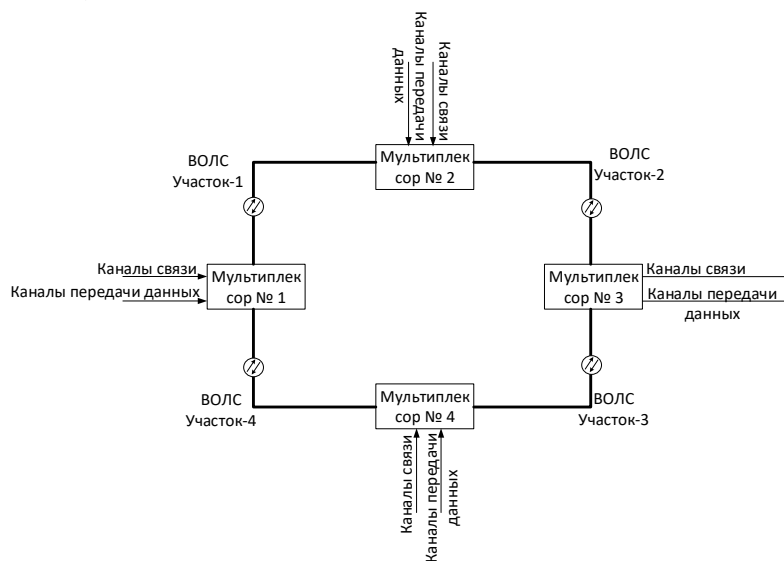


Рисунок 1 - Вариант организации оптической линии связи по топологии «КОЛЬЦО»

В момент организации канала от одного мультиплексора к другому в SDH кольце, определяется основной маршрут прохождения канала и резервный. Это позволяет, в случае обрыва линии, резервировать каналы передачи данных по сети, при помощи передачи данных по резервной стороне кольца.

Независимо от выбора транспортной технологии, базисной единицей передачи трафика в SDH является VC-контейнер. Это единица инкапсуляции в SDH, скорость передачи которой равна 2048 кбит/с. В STM-1 количество таких модулей – 63, в STM-4 – 252. Резервирование по топологии кольцо, при настройке оборудования осуществляется на уровне VC-контейнеров. При настройке оборудования VC-контейнеры для основного маршрута передачи данных направляются в один порт STM-4 оборудования, а на другой порт STM-4 соответствующие VC контейнеры для резервного маршрута передачи данных. Таким образом, VC контейнеры, которые были зарезервированы, нельзя будет использовать для передачи данных других каналов, что, в свою очередь, могло бы увеличить эффективность передачи данных по оптическому кольцу.

Существует несколько способов оптимизации «последних миль» до удаленных узлов, для эффективного использования ресурсов SDH кольца. В данной статье предлагается метод применения технологии LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme- схема регулирования размера канала, рекомендация МСЭ-Т G.7042/Y.1305) при создании резервирования каналов по оптическому кольцу. Данная технология применима исключительно для кросс-коннектов, предназначенных для Ethernet линий. Для каналов E1 данная технология не применяется. Суть технологии заключается в том, что по резервному маршруту оптического кольца, так же передаются данные, и в случае обрыва кольца, канал связи не пропадает, а скорость передачи трафика снижается вдвое.

Надстройка LCAS представляет из себя инструмент для регулирования емкости VCG (Virtual Concatenation Group), что в свою очередь, позволяет увеличивать пропускную способность при передаче объемов данных большого размера или уменьшать при частичном отказе оборудования. [3]

Изменение скорости передачи данных происходит только в том случае, если передача активных элементов, принадлежащих группе VCG - до и после изменения ширины пропускания - происходит безошибочно. Она позволяет также временно удалить линии-элементы, испытывавшие сбой. [4]

Увеличение или уменьшение пропускной способности группы VCG может быть применено на любом конечном узле схемы. Взаимодействие источника и приёмника осуществляется посредством управляющего пакета. Каждый управляющий пакет описывает состояние линии во время следующего управляющего пакета. Изменения направляются заранее с тем,

чтобы приемник мог перейти на новую конфигурацию сразу же по ее прибытии.

На Рисунке 2 приведена структура передачи данных по SDH с применением LCAS.

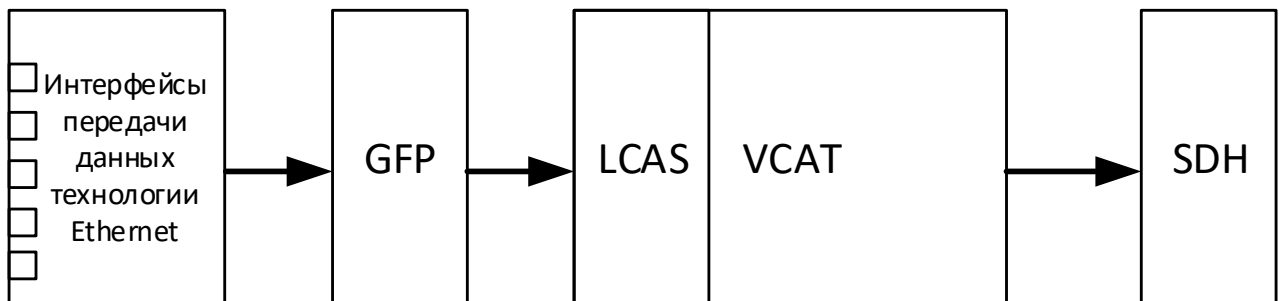


Рисунок 2 – Типовая схема инкапсуляции Ethernet в SDH с применением технологии LCAS

В соответствии с Рисунком 2, Ethernet трафик поступает на соответствующие порты оборудования, далее на GFP (Generic Framing Procedure - основная процедура фреймирования) происходит процедура кадрирования информации для дальнейшей передачи по SDH. На этапе VCAT (virtual concatenation) происходит формирование сигнала SDH с определением количества используемых VC-контейнеров для передачи данных, с последующей передачей на порт SDH оборудования. На этапе формирования VC контейнеров происходит надстройка протокола LCAS. [5]

При построении последних миль по волоконно-оптическим линиям связи, важно предусмотреть аппаратную часть таким образом, чтобы оптические мультиплексоры имели оптимальный набор функций и технологий, одной из которых является технологий LCAS.

Что касается аппаратной части, поддерживающей данную надстройку – на сегодняшний день наиболее распространенные модели мультиплексорного оборудования SDH поддерживают требуемый функционал, что в свою очередь, не приводит к существенному удорожанию сети. Применение технологии не противоречит требованию стандарта для средств связи в электроэнергетике, в тоже время позволяет значительно увеличить объём передаваемой информации в рабочем режиме. [6]

Результаты.

В рамках данной работы был проведен анализ передачи трафика по протоколу Ethernet по сети последней мили SDH с применением технологии LCAS и без её использования. Результаты исследования приведены в Таблице 1. [9]

Таблица 1 – Результаты измерений скорости передачи канала, при различных условиях.

Скорость передачи данных	Мбит/с	Мбит/с	Мбит/с	Мбит/с	Мбит/с
Скорость передачи данных без применения LCAS	2	4	10	100	200
Скорость передачи данных с применением LCAS	4	6	20	200	400
Скорость передачи данных с применением LCAS при обрыве участка сети	2	4	10	100	200

В Таблице 1 представлены результаты измерения прохождения Ethernet трафика на различных скоростях передачи по SDH. Для эксперимента использовались кроссконнекты, организованные на различном количестве VC-контейнеров SDH. Следует отметить, что во всех опытах резервирование было настроено как SNCP 1+1, что означает перестроение трафика на другое полукольцо, в случае пропадания одного из них. Проводились измерения полосы пропускания каналов, организованных между конечными мультиплексорами по двум VC-контейнерам, в первом случае без применения технологии LCAS, во втором случае с применением данной технологии. [7]

Схема оптического кольца с использованием технологии LCAS и без использования данной технологии принципиальных отличий не имеет, отличается лишь методом использования VC-контейнеров для резервирования и приведена на Рисунке 3. [8]



Рисунок 3 - Сравнение передачи данных по оптическому кольцу, в зависимости от использования технологии LCAS

Обсуждение результатов и заключение.

В работе предложен вариант оптимизации последних миль линий связи предприятий электроэнергетики, организованных на базе оборудования SDH с использованием технологии LCAS по волоконно-оптическим линиям связи. В случае применения технологии LCAS достигается скорость передачи в два раза выше, чем без применения данной технологии. Это осуществляется благодаря использованию VC-контейнеров, предназначенных для резервирования кросс-коннектов. Таким образом, применение технологии LCAS позволяет использовать для передачи данных дополнительные VC-контейнеры, которые в стандартном режиме работы, находятся в холодном резерве. К недостаткам можно отнести снижение скорости передачи трафика при обрыве кольца SDH. Как и без применения данной технологии обрыва канала не происходит, снижается только скорость передачи. После воссоздания оптического кольца скорость передачи информации восстанавливается. [9]

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендация МСЭ-Т G.983.1 Серия G: Системы и среда передачи, цифровые системы передачи.
2. "Coexistence with Current Systems-10GE-PON System Configuration", IEEE802.3. Plenary Meeting, Orlando, FL, March 12-16, 2007.
3. Бондарев Д.И., Гуламов А. А. Вариант построения системы оперативной связи энергогенерирующей компании // Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения: материалы III Всероссийской Науч.-практ. Конф. Курск, 2016. С.168-172.
4. СТО 70238424.17.220.20.005-2011 Системы связи для сбора и передачи информации в электроэнергетике. Условия создания. Нормы и требования.
5. Маклаков Е.С., Гуламов А.А. Варианты модернизации пассивных оптических сетей доступа в городских районах // Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 134-138.
6. Маклаков Е.С., Гуламов А.А. Повышение эффективности функционирования мультисервисных оптических сетей доступа путем применения технологии IP/MPLS. // Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения: материалы III Всероссийской Науч.-практ. Конф. Курск, 2016. С.269-273.

7. Эскобар О.К., Гуламов А.А. Организация оптической мультисервисной сети университетского городка // Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения: сб. науч. ст. по материалам I Всерос. науч.-практ. Конф: в 2 ч.. Курск. 2017. С. 111-117.
8. Маклаков Е.С., Гуламов А.А. Вариант организации передачи данных служебной информации в системе электроэнергетического комплекса регионального уровня // Передовые информационно-коммуникационные технологии: сб. науч. трудов. по материалам I межд. Научно – практ. Конф: Санкт-Петер. 2018. С. 14-18.
9. Рекомендация МСЭ-Т G.7042/Y.1305 Серия G: системы и среда передачи, цифровые системы передачи. Серия Y: глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевых протоколов и сети последующих поколений.

E.S. Maklakov, A.A. Gulamov

OPTIMIZATION OF "LAST MILES" TO REMOTE ACCESS NODES BY APPLICATION OF LCAS TECHNOLOGY

Southwest State University

The article deals with the problem of construction and further operation of the last miles of departmental communication networks to the point of presence of Telecom operators, as well as the option of optimization of optical departmental networks to remote access nodes at the point of presence of Telecom operators. The structural location of network elements is described. Outlines the key used topology access networks. The topology of the "ring" is described. The application of LCAS technology to increase the bandwidth of individual communication channels formed in the SDH network is considered. The analysis of efficiency of departmental communication networks with the use of LCAS technology and without it is carried out. The requirements for the organization of communication channels of domestic networks in the electric power industry by types of channels and transmission rates are indicated. The technology of organization of SDH network structure of frames and types of containers used for traffic transport in optical networks is described. The principle of operation of LCAS technology in optical networks is described in detail on the example of organization of cross-connections of VC SDH containers. A number of advantages of using this method of optimizing the last miles of departmental networks to the point of presence of Telecom operators, which in turn are confirmed by the experimental method, are determined.

Keywords: access node, last miles, transport network, synchronous digital hierarchy, data transfer.

REFERENCES

1. Rekomendaciya MSE-T G.983.1 Seriya G: Sistemy i sreda pe-redachi, cifrovye sistemy peredachi.
2. "Coexistence with Current Systems-10GE-PON System Con-figuration", IEEE802.3. Plenary Meeting, Orlando, FL, March 12-16, 2007.

3. Bondarev D.I., Gulamov A. A. Variant postroeniya sistemy operativnoj svyazi energogeneriruyushchej kompanii // Infokommunikacii i informacionnaya bezopasnost': sostoyanie, problemy i puti reshe-niya: materialy III Vserossijskoj Nauch.-prakt. Konf. Kursk, 2016. S.168-172.
4. STO 70238424.17.220.20.005-2011 Sistemy svyazi dlya sbora i peredachi informacii v elektroenergetike. Usloviya sozdaniya. Normy i trebovaniya.
5. Maklakov E.S., Gulamov A.A. Varianty modernizacii pas-sivnyh opticheskix setej dostupa v gorodskih rajonah // Infokommunikacii i informacionnaya bezopasnost': sostoyanie, problemy i puti re-sheniya Materialy II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2015. S. 134-138.
6. Maklakov E.S., Gulamov A.A. Povysenie effektivnosti funkcionirovaniya mul'tiservisnyh opticheskix setej dostupa putem primeneniya tekhnologii IP/MPLS. // Infokommunikacii i informacii-onnaya bezopasnost': sostoyanie, problemy i puti resheniya: materialy III Vserossijskoj Nauch.-prakt. Konf. Kursk, 2016. S.269-273.
7. Eskobar O.K., Gulamov A.A. Organizaciya opticheskoy mul'-tiservisnoj seti universitetskogo gorodka // Infokommunikacii i kosmicheskie tekhnologii: sostoyanie, problemy i puti resheniya: sb. nauch. st. po materialam I Vseros. nauch.-prakt. Konf: v 2 ch.. Kursk. 2017. S. 111-117.
8. Maklakov E.S., Gulamov A.A. Variant organizacii peredachi dannyh sluzhebnoj informacii v sisteme elektroenergeticheskogo kompleksa regional'nogo urovnya // Peredovye informacionno-kommunikacionnye tekhnologii: sb. nauch. trudov. po materialam I mezhd. Nauchno – prakt. Konf: Sankt-Peter. 2018. S. 14-18.
9. Rekomendaciya MSE-T G.7042/Y.1305 Seriya G: sistemy i sreda peredachi, cifrovye sistemy peredachi. Seriya Y: global'naya in-formacionnaya infrastruktura, aspekty mezhsetevogo protokola i seti posleduyushchih pokolenij.