

## УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС СЕТЕЙ С КОММУТАЦИЕЙ КАНАЛОВ И ПАКЕТОВ

*Васин Н.Н., Войцев Н.В., Ирбахтин А.А., Телешевский С.Г.*

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ*

*E-mail: vasin@psati.ru*

В работе представлено краткое описание учебно-исследовательского комплекса на базе модульного сетевого транспортного оборудования (МСТО), коммутаторов и маршрутизаторов Cisco, а также конечных узлов. Приведены характеристики сетевого оборудования МСТО и системы управления «МСТО-Сеть». Рассматривается разработанная методика обучения студентов сетевым технологиям на представленном оборудовании.

**Ключевые слова:** модульное сетевое транспортное оборудование (МСТО), технологии пакетной коммутации, маршрутизаторы и коммутаторы, методика интерактивного обучения.

### Оборудование

Среди проблем в области сетевых технологий важное место занимает подготовка и переподготовка кадров. Это обусловлено постоянным обновлением сетевых технологий. Настоящее время характеризуется переходом предприятий связи на технологии пакетной коммутации. Причем в настоящее время совместно работают как устройства сетей с коммутацией каналов, так и аппаратура пакетной коммутации. При этом оборудование с коммутацией каналов предоставляет услуги транспорта для сетей с коммутацией пакетов. Поэтому появилась необходимость обучения студентов технологиям совместного функционирования оборудования с коммутацией каналов и аппаратуры с коммутацией пакетов.

В связи с этим в рамках НИР по разработке учебно-методических комплексов с интерактивным обучением по дисциплинам базовой кафедры ОАО «Ростелеком» в ПГУТИ был создан учебно-исследовательский комплекс, включающий модульное сетевое транспортное оборудование (МСТО), а также коммутаторы и маршрутизаторы фирмы Cisco.

Внешний вид учебно-исследовательского комплекса приведен на рис. 1. В двух телекоммуникационных шкафах размещена аппаратура Cisco (шесть маршрутизаторов 2800 и шесть коммутаторов Catalyst 2960). Сверху размещен корпус 19" с модулями МСТО. Оборудование МСТО представляет собой мультисервисную транспортную платформу уровней STM-1, STM-4, построенную на модульном принципе.

МСТО разработано на кафедре ЛС и ИТС ПГУТИ, серийно производится в ОАО «Юрьев Польский завод «Промсвязь». Внешний вид оборудования, размещенного в двух корпусах 19", приведен на рис. 2.

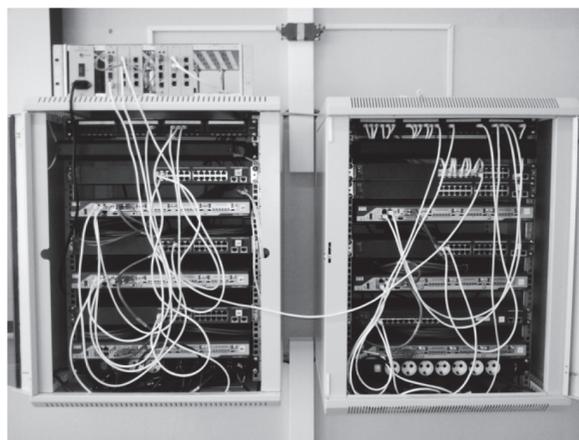


Рис. 1. Учебно-исследовательский комплекс



Рис. 2. Внешний вид МСТО

В МСТО за основу были взяты следующие принципы.

Отказ от шины Telecom BUS. Связь между составными частями сетевого элемента осуществляется в последовательном коде через оптические волокна кабелей. На завершающем этапе работы реализуется связь между конечными узлами учебной сети (А и В соответственно), пред-

ставленной на рис. 5. Использование Web-камеры позволяет организовать видеоконференцию между преподавателем и студентами, которые также находятся в данной сети. Помимо этого, каждый студент имеет полный доступ к оборудованию, что позволяет им осуществлять управление, настройку и конфигурацию данной системы под наблюдением преподавателя.

Сетевой элемент состоит из нескольких конструктивно законченных и функционально самостоятельных компонентов (модулей), что обеспечивает возможность масштабирования в соответствии с требованием потребителя. Каждый модуль может быть исключен из одного сетевого элемента и включен в другой сетевой элемент.

Открытая архитектура. Каждый сетевой элемент оборудования состоит из линейного модуля, решающего основные функции и являющегося наиболее дорогостоящей частью, и нескольких трибутарных модулей, обеспечивающих поддержку определенных интерфейсов (E1, STM-1, STM-4, F, G и т.д.).

При создании модулей используются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Логика функционирования ПЛИС конфигурируется потребителем микросхем, то есть разработчиком модулей МСТО, с помощью программатора. Это позволяет разработчикам создавать модули с рациональными аппаратными затратами в зависимости от назначения модуля. Кроме того, это повышает защищенность сетевых устройств, так как программирование проводит пользователь, что снижает возможность закладки вредоносных программ.

В модулях МСТО применяются микросхемы программируемой логики (Field Programmable Gate Array – FPGA), которые обычно используются для обработки сигналов. Заменой программы линейного модуля и установкой определенных трибутарных модулей можно трансформировать один и тот же сетевой элемент оборудования для решения самых различных задач.

Один и тот же сетевой элемент можно использовать для решения различных задач с минимальными издержками путем замены программы линейного модуля и установки различных трибутарных модулей. Для присоединения различного типа кабелей к оборудованию МСТО используются унифицированные модули SFP (Small Form-factor Pluggable), которые представляют собой компактные приемо-передатчики (трансиверы) промышленного стандарта.

На рис. 3. показан внешний вид модулей М4 и GE с трансиверами SFP. В оборудовании используется два вида модулей: линейные и трибутарные. Линейные модули (мастер-модули М4 и М1) обеспечивают передачу данных по высокоскоростным волоконно-оптическим линиям.

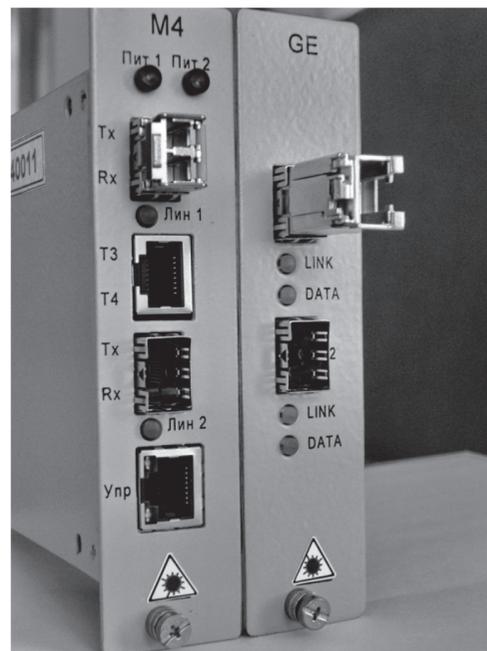


Рис. 3. Внешний вид модулей М4 и GE

Мастер-модуль М4 для передачи потоков уровня STM-4 (см. рис. 3) имеет два независимо конфигурируемых линейных интерфейса уровня STM-4 (линия 1, линия 2) приемо-передатчиков Tx, Rx. Кроме того, на переднюю панель выведены разъем для ввода или вывода сигнала синхронизации (Т3, Т4) и разъем подключения к системе управления (Упр). Контроль и управление оборудованием МСТО осуществляется через интерфейс 10/100Base-T системами управления «МСТО-Модуль» или «МСТО-Сеть». Синхронизация модуля М4 производится от внутреннего или внешнего источника, а также от агрегатных или компонентных сигналов.

Мастер-модуль М1 предназначен для передачи потоков уровня STM-1. Остальные параметры аналогичны мастер-модулю М4.

Трибутарные модули совместно с мастер-модулями позволяют создавать различные сетевые элементы.

Трибутарный модуль E1 позволяет реализовать ввод-вывод семи потоков E1 (2048 кбит/с). Интерфейс – электрический G.703.

Трибутарный модуль S1 позволяет реализовать ввод-вывод 4 потоков STM-1. Тип интерфей-

са – электрический G.703 или оптический G.957, G.692 (CWDM).

Трибутарный модуль F может реализовать ввод-вывод 4 потоков Fast Ethernet через интерфейсы 100 BASE-TX стандарта IEEE 802.3. Разъем – электрический 8P8C (RJ-45).

Трибутарный модуль GE может реализовать ввод-вывод 2 потоков Gigabit Ethernet через интерфейсы 1000 BASE-TX. Разъем – электрический 8P8C (RJ-45).

Из вышеприведенных линейных и трибутарных модулей МСТО можно создать различные типы транспортных сетевых элементов. В качестве примера можно отметить коммутатор KM1×8FE, мультиплексоры МДМ1×21E1 и МДМ4×4S1.

Коммутатор KM4x8FE состоит из линейного модуля M4 и необходимого количества (от 1 до 2) трибутарных модулей F (см. рис. 4). Меняя трибутарные модули и программное обеспечение, можно реализовать другие типы сетевых элементов, например мультиплексоры МДМ1×21E1 и МДМ4×4S1.

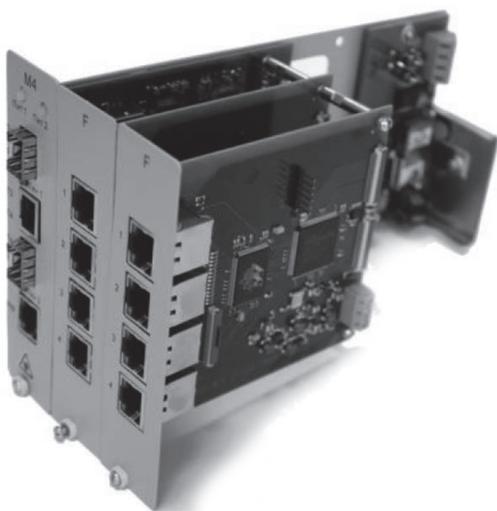


Рис. 4. Внешний вид коммутатора KM4x8FE

Система управления «МСТО-Модуль» предназначена для управления одиночным модулем (сетевым элементом) оборудования МСТО-N производства ОАО «Юрьев Польский завод «Промсвязь» в процессе эксплуатации и в режиме пусконаладки. Связь с управляемым модулем осуществляется по сети Ethernet (10/100) с применением стека протоколов передачи данных TCP/IP. Для подключения рабочей станции к модулю используется стандартный разъем 8P8C (RJ45). Скорость обмена данными между рабочей станцией и сетевым элементом – до 100 Мбит/сек. Простой графический интерфейс пользователя

предоставляет прямой доступ к различным функциональным блокам сетевого элемента.

Система управления «МСТО-Сеть» предназначена для контроля и управления оборудованием МСТО-N в транспортных сетях свободной конфигурации. Система управления «МСТО-Сеть» обеспечивает подключение до 128 сетевых элементов, к каждому из которых возможен полный доступ для его конфигурирования и верификации его состояния.

Управление сетью возможно через любой сетевой элемент, связь с которым реализуется по сети Ethernet (10/100), с применением стека протоколов TCP/IP. При конфигурировании используется простой графический интерфейс пользователя (см. рис. 5).

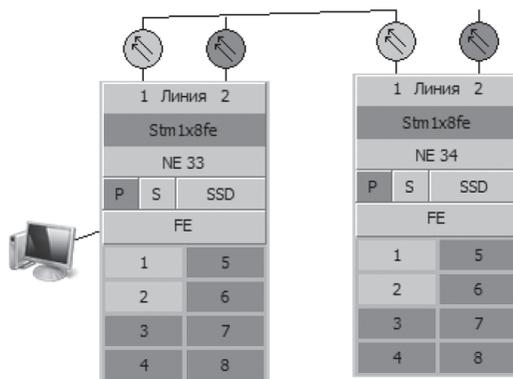


Рис. 5. Графическое изображение транспортных элементов в СУ «МСТО-Сеть»

Возможна организация доступа к управлению сетью по нескольким приоритетным уровням по шкале «наблюдатель-администратор» путем авторизации пользователей с применением паролей. Система поддерживает журнал событий, что обеспечивает необходимый контроль над работоспособностью системы в процессе эксплуатации и локализацию мест аварий, а также оперативную настройку транспортных элементов для решения различных задач.

### Методика обучения

В связи с развитием инновационных инфокоммуникационных технологий возникла необходимость перехода на новый уровень обучения студентов по интерактивным методикам. Разработанная интерактивная методика проведения занятий на базе модульного сетевого транспортного оборудования МСТО, включая построение удаленного (дистанционного) доступа к системе управления оборудованием МСТО, обеспечивает освоение теоретического материала и получение

практических навыков работы с оборудованием МСТО и Cisco.

Данная методика обучения позволяет в краткие сроки производить обучение студентов навыкам построения сетей на основе оборудования МСТО и Cisco, а также основам построения удаленного доступа к системе управления, что

является важным критерием безопасности при эксплуатации оборудования в глобальных сетях. Удаленный доступ также может быть использован для дистанционного обучения студентов. Методика включает интерактивный курс лекций, практических занятий и лабораторные работы на оборудовании МСТО и Cisco.



Рис. 6. Схема лабораторной установки

Схема лабораторной установки, включающей четыре маршрутизатора серии 2800 фирмы Cisco, четыре коммутатора Catalyst 2960, два коммутатора МСТО КМ4×8FE, приведена на рис. 6.

Данная схема позволяет моделировать сеть под удаленным управлением, что является важ-

ным в современных технологических сетях. Полученные навыки могут быть применены для построения различных схем компоновки и взаимодействия оборудования. В ходе лабораторных работ студенты изучают все модули МСТО (линейные и трибутарные), с использованием сис-

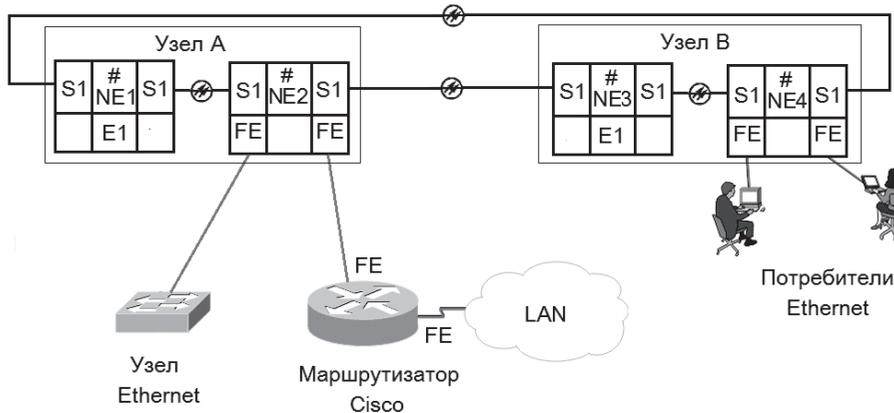


Рис. 7. Модернизированная схема лабораторной установки

темы управления «МСТО-Сеть» конфигурируют сетевые элементы (коммутаторы и мультиплексоры). С помощью оборудования Cisco производится построение защищенного соединения (VPN). На завершающем этапе работы реализуется связь между конечными узлами учебной сети, пред-

ставленной на рис. 6. Использование Web-камеры позволяет организовать видеоконференцию между преподавателем и студентами, которые также находятся в данной сети. Помимо этого, каждый студент имеет полный доступ к оборудованию, что позволяет им осуществлять управле-

ние, настройку и конфигурацию данной системы под наблюдением преподавателя.

Модульный подход к построению аппаратуры на базе МСТО позволяет легко трансформировать схему лабораторной установки, например добавив мультиплексоры МДМ1×21Е1, позволяющие реализовать ввод-вывод до 21 потока Е1 (см. рис. 7).

Для проведения исследований на лабораторной установке используются анализатор «Беркут-ЕТ» для тестирования каналов Ethernet-10/100/1000 и прибор по паспортизации сетей синхронной циф-

ровой иерархии «SA-4». Это позволяет не только изучать современные сетевые технологии, но и проводить научные исследования.

### Литература

1. Васин Н.Н., Войщев Н.В., Телешевский С.Г. Модульное сетевое транспортное оборудование. Методические указания к лабораторным работам. Самара: Изд-во ПГУТИ, 2013. – 85 с.

Получено 17.12.2014

Васин Николай Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой систем связи (СС) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. 8-846-332-08-05; E-mail: vasin@psati.ru

Войщев Николай Владимирович, м.н.с. Кафедры линий связи и измерений в технике (ЛС и ИТС) ПГУТИ. Тел. 8-908-393-01-69; E-mail: voychev@mail.ru

Ирбахтин Александр Алексеевич, студент гр. ИБТС-12, лаборант кафедры СС ПГУТИ. Тел. 8-927-777-56-11; E-mail: alexalex134213@mail.ru

Телешевский Сергей Григорьевич, м.н.с. Кафедры ЛС и ИТС ПГУТИ. Тел. 8-927-261-35-78; E-mail: teleshevsky@skbsv.ru

## NRESEARCH AND TRAINING COMPLEX OF NETWORKS WITH CHANNEL AND PACKET SWITCHING

Vasin N.N., Voyshev N.V., Irbakhtin A.A., Teleshevsky S.G.

In modern world communication enterprises circuit-switched and packet-switching equipment work together. Switched channels equipment usually provides transportation services for packet-switched networks. Therefore, it became necessary to educate students technology of circuit-switched equipment and packet-switched equipment interoperability. To perform this task, educational and research complex was established at PSUTI, which includes a modular network transport equipment (MNTE), as well as switches and routers by Cisco Systems Inc. The paper presents the characteristics of network equipment and management systems «MNTE-Network». MNTE equipment uses two types of modules: linear and tributaries. Linear modules provide high-speed data transmission over fiber-optic lines of STM-1, STM-4. Tributary modules together with linear modules allow creating various network elements – switches and multiplexers. Interactive method of training based on modular network transport equipment and apparatus MNTE Cisco was developed. «MNTE-Network» Management System allows for remote access and configure the network elements (switches and multiplexers). The secure connection (VPN) is made possible with the usage of Cisco made equipment. The flexible structure of teaching and research complex allows students to manage, customize and configure the system, and conduct research.

**Keywords:** modular network transport hardware (MNTH), technologies of package switching, routers and switches, technique of interactive training.

**Vasin Nikolai Nikolaevich**, Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of Communication Systems, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel. +7 846 332 08 05. E-mail: vasin@psati.ru

**Voyshev Nikolai Vladimirovich**, Junior Research Fellow of Lines of Department of Communication Lines, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel. +7 908 393 01 69. E-mail: voychev@mail.ru

**Irbakhtin Alexander Alekseevich**, student, Laboratory Assistant of Department of Communication Systems, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation.. Tel. +7 927 777 56 11. E-mail: alexalex134213@mail.ru

**Teleshevsky Sergei Grigorievich**, Junior Research Fellow of Lines of Department of Communication Lines, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation. Tel. +7 927 261 35 78. E-mail: teleshevsky@skbsv.ru

## References

1. Vasin N.N., Vojshhev N.V., Teleshevskij S.G. *Modul'noe setevoe transportnoe oborudovanie. Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam*. Samara, PSUTI Publ., 2013, 85 p.

Received 17.12.2014

## ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

УДК 621.39

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ С ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОПОЛОГИЕЙ СЕТИ В СРЕДЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ NETWORK SIMULATOR

*Дмитриев В.Н., Сорокин А.А., Резников П.С., Чан Куок Тоан*  
*Астраханский государственный технический университет, Астрахань, РФ*  
*E-mail: alsorokin2@list.ru*

Описана разработка дополнительного программного модуля для проведения имитационного моделирования систем связи с динамической топологией сети с использованием программного пакета Network Simulator (NS-2). Программный модуль позволяет исследовать влияние перемещения сетевых узлов на качество передаваемой информации. Модуль позволил определить, что система связи с динамической топологией сети пригодна для передачи мультимедийного трафика. Во время исследования скорость движения объектов составила от 20 до 80 км/ч. Скорость передачи трафика от 0,5 до 32 Мбит/с.

**Ключевые слова:** программа, моделирование, система связи, телекоммуникации, динамическая топология, сеть, транспорт, граф, качество обслуживания, абонент.

#### Введение

Системы связи с динамической топологией сети (ССДТС) являются одним из перспективных направлений развития современных инфокоммуникационных систем [1-3]. Область применения подобных систем разнообразна: от самоорганизующихся систем мониторинга, до крупномасштабных средств передачи информации, предназначенных для развертывания на территориях регионов и обширных акваторий. Исследования способов и средств моделирования телекоммуникационных сетей показали, что разработанные на сегодняшний день различные программные средства в большей степени ориентированы на исследования классических телекоммуникационных систем (сотовые, спутниковые, кабельные и др.), часть зарубежных проектов ориентирована на моделирование и исследование ad hoc и mesh сетей с областью покрытия 2-3 кв. км. Подобная ситуация приводит к тому, что развитие средств имитационного моделирования ССДТС отстает от общих тенденций и направлений развития современных систем инфокоммуникаций.

Учитывая, что потребность предоставления современных услуг связи на крупных объектах

транспорта (самолеты, корабли, поезда, автобусы) постоянно возрастает, а уровень качества и цена обслуживания абонентов на подобных объектах должны быть сопоставимыми с ценой и качеством услуг связи, оказываемых в условиях крупных городов, необходима разработка новых или совершенствование существующих средств моделирования телекоммуникационных систем в направлении создания программных модулей, позволяющих исследовать ССДТС.

#### Цель работы

Разработка программного модуля для исследования систем связи с динамической топологией сети в среде имитационного моделирования Network Simulator (NS-2)

#### Основная часть

Основу разрабатываемого программного модуля составляют средства аналитического и имитационного моделирования. В основе средств аналитического моделирования положена методика расчета времени доступа к каналному ресурсу в ССДТС. Методика заключается в представлении ССДТС в виде графа, в котором