

RUNNet КАК НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СЕТЬ РОССИИ: ЦЕЛИ, ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА И СЕРВИСЫ

RUNNet AS RUSSIAN NATIONAL RESEARCH AND EDUCATION NETWORK: OBJECTIVES, MAIN TASKS, TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE AND SERVICES

*Абрамов Алексей Геннадьевич / Alexey G. Abramov,
к.ф.-м.н., заместитель директора СПб филиала ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ /
Deputy director of St.-Petersburg branch of FPAEI CVE CRSEP&IT,
abramov@runnet.ru*

*Евсеев Антон Владимирович / Anton V. Evseev,
директор СПб филиала ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ /
Director of St.-Petersburg branch of FPAEI CVE CRSEP&IT,
evseev@runnet.ru*

Аннотация

В статье, носящей обзорный характер, обозначены цели и ключевые задачи, принципы функционирования и управления сетью RUNNet в качестве инфраструктурной и сервисной основы национальной научно-образовательной сети России. Даются отсылки к нормативной правовой базе, обосновывающей необходимость функционирования и развития научно-образовательной сети, обсуждаются особенности и основные характеристики телекоммуникационной инфраструктуры и сетевой связности RUNNet, приводятся примеры востребованных сервисов, развиваемых в интересах российского R&E сообщества.

Abstract

In the paper, which has an informational nature, the goals and key tasks, the principles of functioning and management of the RUNNet network as the infrastructure and service basis of the national research and education network of Russia are formulated. References are given to the regulatory framework that necessitating the functioning and development of the research and education network, the specifics and basic characteristics of the telecommunications infrastructure and network connectivity of RUNNet are discussed, examples of demanded services developed in the interest of the Russian R&E community are given.

Ключевые слова: национальная научно-образовательная сеть, NREN, RUNNet, ИКТ, организации высшего образования и науки, научные данные, телекоммуникационная инфраструктура, сетевая связность, сетевые сервисы.

Keywords: national research and education network, NREN, RUNNet, ICT, higher education and scientific organizations, scientific data, telecommunications infrastructure, network connectivity, network services.

Введение

Эффективное использование ИКТ в образовании и науке при решении комплексной задачи по созданию *единой цифровой платформы Российской Федерации* невозможно без сбалансированного развития основных компонентов *национальной информационно-технологической среды*, главными из которых являются современная распределенная инфраструктура для хранения и обработки научных данных (суперкомпьютеры, дата-центры), *высокоскоростная телекоммуникационная инфраструктура*, предназначенная для обеспечения передачи и прозрачного доступа к данным, а также экосистема сервисов для хранения, передачи, обработки, анализа, поиска, публикации и других операций с научными данными и образовательными ресурсами [1-4].

В новом «майском» Указе Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [5] применительно к поручениям Правительству по разработке национальных проектов в сфере науки и образования сформулирован ряд задач, решение которых непосредственно связано с внедрением и повсеместным использованием цифровых технологий, созданием в стране передовой инфраструктуры научных исследований и разработок, эксплуатирующей *глобальную конкурентоспособную инфраструктуру высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных*.

Указом Президента Российской Федерации от 01 декабря 2016 г. №642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [6] к основным направлениям реализации государственной политики в области научно-технологического развития страны отнесено создание условий для проведения исследований и разработок, соответствующих современным принципам организации научной, научно-технической и инновационной деятельности и лучшим российским практикам.

Реализация обозначенных мероприятий обеспечивается, в том числе путем развития инфраструктуры и поддержки функционирования центров коллективного пользования научно-технологическим оборудованием (ЦКП),

поддержки создания и развития уникальных научных установок (УНУ) класса «мегасайенс», крупных исследовательских инфраструктур на территории страны, доступа исследовательских групп к национальным и международным информационным ресурсам, участия российских ученых и исследовательских групп в международных проектах, обеспечивающих доступ к новым компетенциям и (или) ресурсам организации исходя из национальных интересов.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 09 мая 2017 г. №203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» [7] обеспечение национальных интересов при развитии информационного общества осуществляется, в том числе путем *развития информационной и коммуникационной инфраструктуры России*. В целях развития информационного общества государством создаются условия для формирования пространства знаний и предоставления доступа к нему, совершенствования механизмов распространения знаний, их применения на практике в интересах личности, общества и государства. Очевидно, что в качестве одного из ключевых элементов информационно-коммуникационной инфраструктуры страны должна выступать ИКТ-инфраструктура сферы науки и образования.

Пунктом 1 Положения о Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 15 июня 2018 г. №682) к сфере деятельности министерства отнесены, в том числе функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности, включая деятельность *национальной исследовательской компьютерной сети нового поколения*.

В рамках Подпрограммы 5 «Международное сотрудничество в сфере науки» Государственной программы «Развитие науки и технологий на 2013-2020 годы» (утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. №301), в числе других поставлена задача обеспечения доступа российских ученых к исследовательской базе ведущих иностранных научных центров и оптимизации доступа международного научно-исследовательского сообщества в российский сектор науки и технологий.

В Федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса

России на 2014-2020 годы» (утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2013 года №426) к ключевым задачам, решение которых необходимо для достижения основной цели по формированию конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора прикладных научных исследований и разработок, отнесено обеспечение интеграции российского сектора исследований и разработок в глобальную международную инновационную систему на основе сбалансированного развития международных научно-технических связей, а также повышение результативности сектора исследований и разработок за счет обеспечения единства его инфраструктуры, координации направлений развития инфраструктуры с системой приоритетов развития научно-технологической сферы.

Обеспечение интеграции российского сектора исследований и разработок в глобальную международную инновационную систему требует в числе других решения задач по обеспечению доступа исследователей к передовым международным результатам исследований и международной инфраструктуре исследований и разработок, развитие кооперационных связей российских и зарубежных научно-исследовательских организаций, создание общего научно-технологического пространства, обеспечение сотрудничества с ведущими научными центрами европейских стран, расширение географии международного сотрудничества и кооперации.

Сегодня в мировом профессиональном сообществе ученых и исследователей общепризнанно, что наличие высокопроизводительной и высоконадежной *глобальной телекоммуникационной инфраструктуры*, профессионально эксплуатируемой в интересах науки и образования страны, является одним из показателей, характеризующим уровень экономического и технологического развития государства, стратегически необходимым условием для стабильного прогресса и соответствия мировому уровню достижений в самых разных областях науки и технологий [1-4].

Такую отраслевую телекоммуникационную инфраструктуру принято называть *национальная научно-образовательная сеть* (National Research and Education Network, NREN) [8-11]. В круг основных задач, решаемых NREN, входит реализация сетевой связности для организаций образования и науки страны, обеспечение им доступа в глобальное ИКТ-пространство, обеспечение связности с мировыми NREN и сетевыми консорциумами, развитие и внедрение

востребованных сервисов, централизация, контроль и оптимизация расходов на ИТ-инфраструктуру.

К настоящему моменту более 140 стран мира целенаправленно поддерживают и поступательно совершенствуют в качестве неотъемлемой части собственной телекоммуникационной инфраструктуры – национальные научно-образовательные сети, обычно аффилированные с государственными органами управления образованием и наукой и представляющие страну в международных проектах, при реализации которых интенсивно используются современные средства телекоммуникаций, а также развитые сетевые технологии и сервисы.

Результативное решение обозначенных выше и ряда сопутствующих задач, а также полномочное и эффективное участие ведущих российских научных и образовательных центров в международных и внутрироссийских исследовательских проектах, выполняемых на базе установок класса «мегасайенс» (в первую очередь, в области ядерной физики, астрофизики и спутниковых наблюдений, геофизики и климатологии и др.), требует создания, придания официального статуса и предоставления государственной целевой поддержки функционирования *национальной научно-образовательной сети России* как одного из ключевых элементов развиваемой единой цифровой платформы страны.

В качестве одного из содержательных шагов в данном направлении, в 2017-2018 гг. ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика» были заключены Соглашения о сотрудничестве с ведущими научными центрами страны (среди которых – НИЦ «Курчатовский институт» и Объединенный институт ядерных исследований), в которых был определен и в настоящее время реализуется комплекс мероприятий, нацеленных на развитие ИКТ-инфраструктуры научных центров, оптимизацию межсетевое взаимодействия организаций-участников экспериментов в ЦЕРН (на уровне Tier1/Tier2), а также совершенствование доступа отдельных российских научных центров и организаций высшего образования к УНУ и суперкомпьютерным емкостям, расположенным на территории указанных и ряда других организаций, с акцентом на использование инфраструктурных возможностей сети RUNNet.

Федеральная университетская компьютерная сеть RUNNet (Russian University Network, www.runnet.ru) эксплуатировалась и планомерно развивалась ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика» при поддержке государства на протяжении почти 25 лет. Потребителями услуг и сервисов RUNNet в настоящее время

являются более 300 организаций высшего образования и науки, подключенных напрямую через инфраструктуру этой отраслевой телекоммуникационной сети, которая имеет точки присутствия более чем в 50 субъектах России и обладает уникальной связностью с ведущими мировыми NREN и сетевыми консорциумами (среди которых GÉANT, NORDUnet, Internet2, ESnet, DFN, Jisc, RENATER, GARR, RedIRIS, SWITCH, SURFnet и др., см. <https://www.runnet.ru/science-traffic/>).

Являясь на сегодня крупнейшей в стране и по существу единственной научно-образовательной сетью федерального масштаба и имея наиболее развитую телекоммуникационную инфраструктуру, RUNNet де-факто выполняет основные функции NREN. Доступ к мировым научным и образовательным ресурсам и сервисам, возможности эффективной работы в составе научных коллабораций предоставляются RUNNet с требуемым качеством сервиса (повышенным для такого рода коммуникаций) и на финансовых условиях, принципиально недостижимых при использовании публичных сетей и провайдеров.

На основании выполняемого на регулярной основе специалистами сети анализа пользовательской активности в межсетевом взаимодействии и проведенных в течение последних двух лет опросов было установлено, что более ста ведущих организаций высшего образования и науки России активно используют инфраструктуру RUNNet для выполнения научных и образовательных проектов. Более 25 крупных университетов из разных регионов, не являющихся пользователями сети, заинтересованы в доступе к ее ресурсам и сервисам.

Суммарный объем обрабатываемых в RUNNet научных данных (учитывается обмен целевым трафиком между пользователями сети, а также с мировым R&E сообществом) превышает 65 Петабайт в год, что характеризует стабильную востребованность инфраструктуры и сервисов сети, а также дополнительно подтверждает наличие устойчивых научных и образовательных коллабораций. Общее количество пользователей сети RUNNet по независимым оценкам превышает 3 млн. человек.

В настоящей обзорно-информационной статье излагаются цели, основные задачи, принципы функционирования и управления сетью RUNNet, обсуждаются особенности действующей телекоммуникационной структуры и сетевой связности, приводятся примеры востребованных сервисов, развиваемых в нуждах научно-образовательного сообщества страны.

1. Цели и основные задачи RUNNet как национальной научно-образовательной сети

Ключевой *целью сети RUNNet* как инфраструктурной и сервисной основы национальной научно-образовательной сети России является предоставление научным и образовательным организациям страны возможностей для выполнения перспективных научных исследований и разработок, участия в крупных международных и внутрироссийских научных проектах, базирующихся на использовании устойчивой и отвечающей современным требованиям отраслевой информационно-телекоммуникационной сети, интегрированной в глобальную инфраструктуру мировых NREN.

RUNNet предоставляет своим целевым пользователям (научным и образовательным организациям) высокоскоростной доступ к мировым NREN, расположенным в них ресурсам и сервисам, формирует и обеспечивает функционирование единого научно-образовательного информационного пространства сферы образования и науки страны для реализации информационного взаимодействия между организациями при осуществлении ими основной деятельности, оказании образовательных услуг, совместном выполнении научных и научно-технических проектов.

Основными задачами сети RUNNet являются:

- обеспечение целевым пользователям гарантированного качества и высокой надежности доступа к результатам научных исследований (сверхбольшим объемам данных), глобальным массивам открытых данных сферы науки и образования, научно-образовательным ресурсам и сервисам, в том числе с использованием инфраструктуры мировых NREN;
- предоставление целевым пользователям возможностей участия в реализуемых при широкой внутрироссийской и международной кооперации научно-исследовательских и научно-технологических проектах, интенсивно использующих высокоскоростную телекоммуникационную инфраструктуру (в области ядерной физики, астрофизики и спутниковых наблюдений, геофизики, метеорологии, климатологии, биологических и медицинских науках, ИКТ и др.);
- обеспечение высокоскоростной и высоконадежной телекоммуникационной связности организаций высшего образования, научных организаций, региональных научно-образовательных телекоммуникационных сетей России друг с другом, с мировыми NREN и сетевыми консорциумами;

- полноправное участие в глобальных ИТ-проектах, реализуемых в интересах мирового R&E сообщества – общеевропейский сетевой консорциум GÉANT, проект трансконтинентальной сетевой связности GNA (Global Network Architecture), проект EOSC (The European Open Science Cloud в составе инициатив PRACE, EGI, EUDAT, OpenAIRE, AARC) и др.;

- участие в обеспечении межсетевого взаимодействия российских организаций-участников хранения, обработки и анализа данных экспериментов в ЦЕРН (на Большом адронном коллайдере и других установках) на уровне дата-центров Tier1/Tier2, а также в совершенствовании доступа отдельных российских научных организаций и университетов к установкам класса «мегасайенс» и вычислительным емкостям, расположенным на территории ведущих научных центров страны и мира (НИЦ «Курчатовский институт», ОИЯИ, МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИЯУ МИФИ, СПбГУ, ФИАН, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН и др.);

- предоставление целевым пользователям возможности удаленного доступа к ЦКП и УНУ, суперкомпьютерным мощностям (при наличии возможности), агрегированным в ведущих научных и образовательных центрах страны и мира;

- предоставление инфраструктурных возможностей для формирования целевыми пользователями российских и международных исследовательских и образовательных коллабораций, расширения взаимодействия и сотрудничества научных коллективов при совместном выполнении проектов;

- обеспечение функционирования магистральной инфраструктуры сети RUNNet включающей опорные узлы, расположенные в городах – крупных научных и университетских центрах России, узлы за рубежом, необходимые для обеспечения международной сетевой связности, и каналы связи между ними (далее – опорная сеть);

- обеспечение функционирования и оптимизация использования опорной сети для реализации эффективного межсетевого обмена данными целевыми пользователями на базе инфраструктуры RUNNet;

- обеспечение постоянного высоконадежного доступа к опорной инфраструктуре RUNNet ведущих научных организаций и организаций высшего образования (университеты особого статуса, федеральные университеты, национальные исследовательские университеты, опорные университеты регионов, крупные научные центры, научно-исследовательские институты РАН и иных ведомств и др.);

- создание и обеспечение функционирования наложенных сетей, объединяющих научные и образовательные организации, вовлеченные в исследования по общим научным тематикам (в том числе создаваемые научно-образовательные центры мирового уровня на основе интеграции университетов и научных центров, кампусные сети ведущих университетов и др.);

- предоставление целевым пользователям возможностей тестирования, апробации и внедрения современных информационных и телекоммуникационных технологий (DWDM, SDN, DPI, IoT, VoIP, CDN, Multicast, облачные технологии, средства защиты от DDoS-атак и др.);

- апробация и тестирование, внедрение и сопровождение на инфраструктуре RUNNet широкого спектра телекоммуникационных и информационных технологий и сервисов для целевых пользователей сети (в том числе – сервисов передачи данных, инфраструктурных сервисов, сервисов для коммуникаций в режиме реального времени, облачных сервисов, сервисов доверия и идентификации и др.);

- предоставление целевым пользователям широких возможностей для применения ИКТ в сфере образования, в том числе доступ к электронным образовательным ресурсам федерального уровня, обеспечение функционирования и развитие технологий дистанционного обучения, внедрение сетевых моделей образования, доступ к крупным электронным библиотекам и цифровым коллекциям, обеспечение управления в организациях, поддержка образовательной мобильности преподавателей и студентов;

- осуществление мониторинга текущей востребованности и прогнозирование перспектив использования ресурсов и сервисов RUNNet и мировых NREN целевыми пользователями;

- централизация и контроль, оптимизация управления и расходов на сетевую инфраструктуру, которые несут целевые пользователи сети;

- повышение квалификации сетевого персонала целевых пользователей RUNNet в рамках организуемых семинаров и конференций в целях обмена опытом, изучения лучших практик управления сетью и внедрения на ее базе перспективных сервисов;

- обеспечение выполнения требований действующего законодательства в области ИКТ, включая меры по обеспечению информационной безопасности, ограничению доступа к запрещенным ресурсам в сети Интернет, хранению сетевого трафика и др.

2. Особенности телекоммуникационной инфраструктуры и сетевой связности RUNNet. Пользователи сети. Управление сетью

В составе телекоммуникационной инфраструктуры сети RUNNet могут быть выделены ее *магистральная (опорная) инфраструктура* и *инфраструктура доступа*. Актуальные схемы опорной инфраструктуры сети RUNNet в России и высокоуровневой сетевой архитектуры показаны на рис. 1 и 2, соответственно.

Транспортной основой магистральной инфраструктуры сети RUNNet является опорная сеть («*backbone*»), обеспечивающая внутрироссийскую магистральную связность между всеми федеральными округами и расположенными в них субъектами, а также с международным научно-образовательным телекоммуникационным пространством.

Опорная сеть простирается от Амстердама до Хабаровска на расстоянии, превышающем 5000 км; ее работу обеспечивают международные, федеральные и региональные телекоммуникационные узлы. Магистральная инфраструктура RUNNet объединяет опорные узлы и каналы связи между ними, вместе формирующими опорную сеть.

Федеральные узлы сети RUNNet расположены в Москве и Санкт-Петербурге (всего 7 узлов), являются ключевыми сегментами опорной сети, интегрируются в пределах городов с помощью высокоскоростных каналов связи, имеющих разветвленную инфраструктуру и обеспечивающих полное резервирование. Узлы связаны высокоскоростными магистральными каналами между Москвой и Санкт-Петербургом с общей пропускной способностью 40 Гбит/с. Каналы организованы на базе физически независимых магистралей с полным резервированием данных критичных сегментов сети.

Федеральные узлы сети связаны магистральными каналами с региональными узлами, с узлами доступа, с телекоммуникационными научными и отраслевыми сетями иных ведомств, с сетями других телекоммуникационных операторов, а также с глобальным Интернетом.

Региональные узлы сети RUNNet расположены в крупных городах (Нижний Новгород, Пермь, Екатеринбург, Челябинск, Уфа, Самара, Саратов, Новосибирск, Томск, Барнаул и Хабаровск), представляют собой магистральные узлы с установленным на них современным телекоммуникационным оборудованием, которые используются для подключения к RUNNet расположенных в субъекте образовательных и научных организаций.



Рис. 1. – Схема опорной инфраструктуры сети RUNet в Российской Федерации

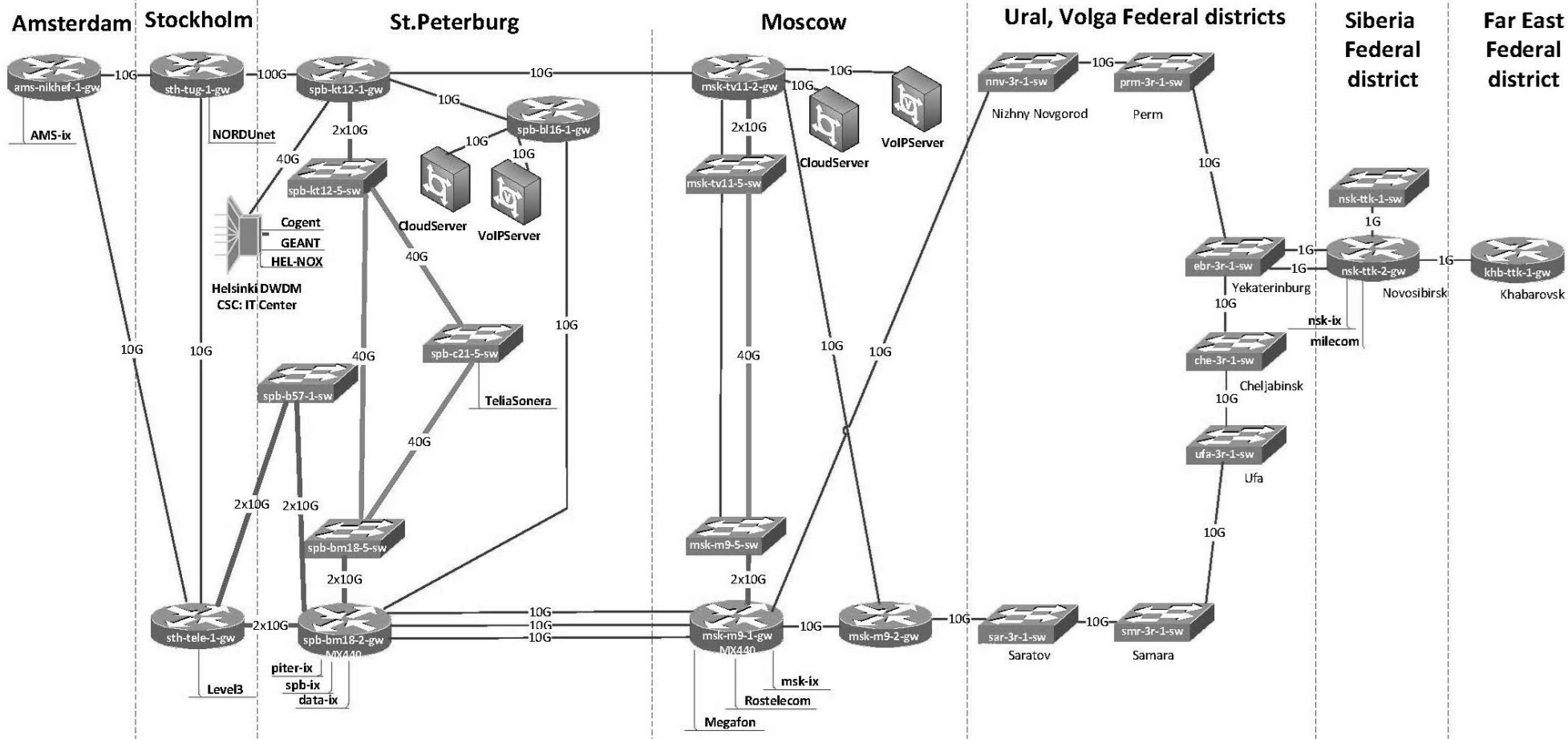


Рис. 2. – Актуальная схема высокоуровневой сетевой архитектуры RUNet

Телекоммуникационные узлы, расположенные в городах европейской части страны (Москва, Нижний Новгород, Пермь, Екатеринбург, Челябинск, Уфа, Самара и Саратов), связаны с использованием кольцевой топологии сети с пропускной способностью 10 Гбит/с (проект 3R – RUNNet Russian Ring). В этих городах установлено производительное оборудование передачи данных, которое служит для замыкания «кольца» и организации связности с локальными сетями образовательных и научных организаций. Доступ к RUNNet и транзит в Интернет осуществляется через узлы сети в Москве; реализована также прямая связность «кольца» с узлом в Новосибирске, который является ключевым для сибирского и дальневосточного регионов.

Связность RUNNet с мировыми NREN и глобальным Интернетом осуществляется через федеральные узлы сети в Санкт-Петербурге посредством резервируемых высокоскоростных магистральных каналов связи (рис. 3).

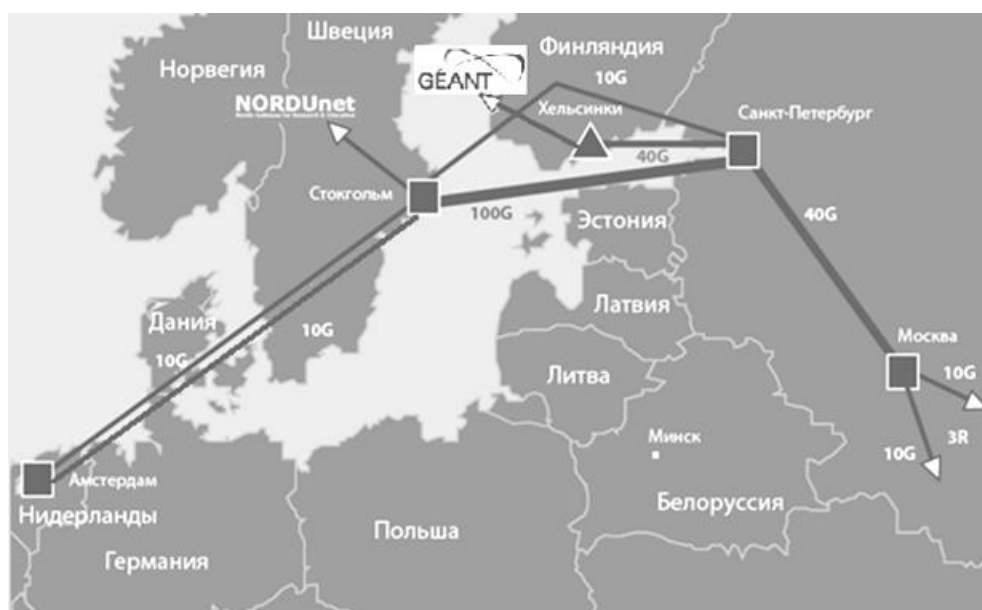


Рис. 3. – Схема международной связности сети RUNNet

Функционирование магистральной инфраструктуры RUNNet за пределами России основывается на многолетнем устойчивом и успешном сотрудничестве с научно-образовательной сетью Скандинавских стран NORDUnet (используемой для доступа к ресурсам и сервисам мировых NREN) и налаженном сетевом взаимодействии с ведущими Tier1-операторами, в том числе CenturyLink, TeliaSonera, Cogent Communications (для доступа в глобальный Интернет; суммарная пропускная способность – 30 Гбит/с).

RUNNet имеет два независимых подключения к мировым научно-образовательным сетям – в Хельсинки (к GÉANT, через стык с NORDUnet, map.geant.org) и в Стокгольме (к NORDUnet) с пропускной способностью 10 Гбит/с каждое и возможностью расширения.

Стоит отметить, что консорциум GÉANT представляет собой общеевропейскую ультравысокоскоростную мульти-гигабитную опорную транспортную IP-сеть, функционирующую в интересах сферы науки и образования и обеспечивающую сетевую связность более 10 тыс. образовательных и научных организаций из 43 стран Европы [11, 12]. Общее количество пользователей GÉANT превышает 50 млн. человек.

Таким образом, обмен данными между российскими и международными участниками глобальных научно-исследовательских и образовательных проектов осуществляется в рамках сбалансированной и надежной сетевой инфраструктуры, обеспечивающей подключение RUNNet к мировым NREN и провайдерам доступа в Интернет.

Международные узлы RUNNet расположены на площадках сети NORDUnet (Стокгольм), Национального института ядерной физики и физики высоких энергий (NIKHEF, Амстердам) и Суперкомпьютерного центра Финляндии (CSC, Хельсинки).

Базовые магистральные маршрутизаторы, используемые сегодня в RUNNet – Cisco 7606 и Juniper MX480. Можно заметить здесь, что высокопроизводительные и высоконадежные маршрутизаторы Juniper MX480 позволяют развернуть в сети перспективные сервисы SDN, средства глубокого анализа сетевого трафика, обеспечить высокий уровень масштабируемости сети и поддержку массово внедряемых облачных приложений и сервисов.

RUNNet эксплуатирует и систематически развивает собственную высокопроизводительную DWDM-сеть (Dense Wavelength Division Multiplexing) на международных направлениях от Санкт-Петербурга до Хельсинки (задействованная пропускная способность – 40 Гбит/с) и от Санкт-Петербурга до Стокгольма (100 Гбит/с) [2].

RUNNet участвует в обмене трафиком на шести IX узлах (включая, AMS-IX, MSK-IX, DATA-IX, PITER-IX; 41 Гбит/с в сумме), имеет более 25 прямых пиринговых соединений (в том числе с Google, МегаФон, Ростелеком, Mail.ru, Selectel, Nauka Telecom, МногоБайт, Фиорд, ФИЛАНКО, ЭР-Телеком; 175 Гбит/с

в сумме). Общий объем обрабатываемых на инфраструктуре RUNNet данных превышает 220 Петабайт в год.

По уровню глобальной сетевой связности RUNNet входит в Top10 в России (наряду с крупнейшими операторами, такими как Ростелеком, ТрансТелеКом, ВымпелКом, МегаФон, РАСКОМ, МТС и др.) и занимает в настоящий момент 68-е место в мире (по данным независимого мониторинга as-rank.caida.org).

RUNNet является полноправным членом международной организации RIPE NCC, обладает статусом локального реестра Интернета (LIR) и имеет собственную автономную систему с номером ASN 3267. Объем адресного пространства IPv4, анонсируемого RUNNet (при комбинировании всех префиксов в терминах уникальных IP-адресов) превышает 272 тыс. Суммарный объем анонсируемого RUNNet адресного пространства IPv6 (при комбинировании всех префиксов в терминах уникальных подсетей /48) практически достигает 590 тыс.

Инфраструктура доступа RUNNet представляет собой совокупность каналов связи и оборудования, обеспечивающего пользователям доступ к опорным узлам сети.

Для подключения отдельных организаций к сети RUNNet применяются три основных технологических решения:

- непосредственное подключение к узлам RUNNet по волоконно-оптическим каналам связи (для городов с расположенными в них опорными узлами сети);
- подключение по L2 каналам, арендуемым у других операторов связи;
- организация L3 VPN туннелей с использованием IP-инфраструктуры других операторов связи.

Целевые пользователи RUNNet – ведущие государственные организации высшего образования «столичных» городов Москва и Санкт-Петербург, федеральные, национальные исследовательские и опорные университеты, крупные классические, технические, педагогические и отраслевые вузы, научно-исследовательские институты и региональные научные центры более чем из 50 субъектов России.

Под *управлением сетью RUNNet* понимается комплекс организационных, технологических и финансово-экономических мероприятий, нацеленных на обеспечение текущего функционирования и дальнейшее развитие телекоммуникационной инфраструктуры и сервисов сети с учетом актуальных потребностей сферы образования и науки страны.

Оператором сети RUNNet, выполняющим функции по ее административному, технологическому и научно-методическому управлению, с августа 2018 г. является ФГАОУ ДПО «Центр реализации государственной образовательной политики и информационных технологий», в состав которого в результате реорганизации было включено ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика». Центры управления сетью RUNNet (Network Operations Center, NOC) расположены в подразделениях оператора в Санкт-Петербурге и Москве.

Управление федеральными и региональными узлами RUNNet, магистральной инфраструктурой сети, обеспечение связности с другими телекоммуникационными сетями, включая международные, осуществляется оператором. Управление входящими в структуру RUNNet региональными NREN, сетями целевых пользователей и иных организаций осуществляется этими организациями самостоятельно во взаимодействии со специалистами оператора.

3. Сервисы для научно-образовательного сообщества в сети RUNNet

Специалисты RUNNet активно участвуют в апробации, разворачивают, внедряют и постоянно пополняют набор перспективных и востребованных сервисов и ресурсов для R&E сообщества страны, руководствуясь лучшими мировыми практиками и принимая во внимание опыт ведущих NREN и сетевых консорциумов, в первую очередь – GÉANT, Internet2, ESnet, SURFnet, SWITCH, UNINETT, HEAnet и некоторых других [1, 2, 11]. Следует заметить, что большинство эксплуатируемых сервисов основано на свободно распространяемом программном обеспечении (ПО) с открытым исходным кодом.

Портфель сервисов сети RUNNet охватывает сегодня следующие основные виды:

- сервисы передачи данных;
- инфраструктурные сервисы;
- сервисы для коммуникаций в режиме реального времени;
- облачные сервисы;
- сервисы доверия и идентификации.

Сервисы передачи данных включают в себя объединение территориально распределенных подразделений организаций в единую сеть, реализацию выделенных каналов «точка-точка», предоставление VPN-сервисов, доступа в глобальный Интернет.

К *инфраструктурным сервисам* относится мониторинг состояния сети и сервисов (контроль состояния сетевых устройств, каналов связи и сетевых сервисов на основе программных решений Cacti, Zabbix, обнаружение критических уязвимостей), тестирование характеристик сетевой инфраструктуры (speedtest.runnet.ru, набор инструментов iperf3), защита от DDoS-атак, ограничение доступа к запрещенным веб-ресурсам и сервисам.

Сервисы для коммуникаций в режиме реального времени – это службы видеоконференцсвязи, веб-конференций (vc.runnet.ru, используется ПО BigBlueButton), VoIP-телефония (на базе ПО Asterisk PBX, позволяющего использовать стационарные IP-телефоны и мобильные клиенты), службы обмена мгновенными сообщениями (на основе платформы Jabber).

Облачные сервисы, развиваемые в RUNNet, используют собственный облачный полигон (основанный на программной платформе OpenStack), включают в себя сервисы IaaS (выделение виртуальных машин по запросу, совместные проекты с владельцами крупных ЦОД), сервисы PaaS/SaaS (доступ к интегрированным платформам разработки, прикладному и специализированному ПО – математическим пакетам, CAD/CAM/CAE-системам, платформам управления учебным процессом, системам дистанционного обучения и т.д.), платформу ownCloud/Nextcloud (cloud.runnet.ru, сервис доступа, хранения и распределенной работы с данными с возможностью совместной работы с документами на основе ONLYOFFICE Document Server), FileSender (filesender.runnet.ru, веб-сервис передачи и обмена файлами большого размера) и некоторые другие.

Отдельного внимания заслуживают интенсивно развиваемые в RUNNet с недавнего времени представляющие весьма перспективными сервисы, которые базируются на принципах федеративной авторизации и аутентификации (AAI) и могут быть отнесены в списке выше к виду сервисов «доверия и идентификации» [13].

eduroam (EDUcation ROAMing, www.eduroam.org) – развиваемый консорциумом GÉANT сервис свободного роуминга в Wi-Fi-сетях научных и образовательных организаций. При использовании сервиса студенты, преподаватели и научные работники получают возможность бесплатного доступа к сети Интернет и ресурсам NREN в университетах и научных центрах страны и за рубежом в кампусах организаций-участников проекта. Прозрачный и защищенный доступ пользователя к сервису с личных портативных и мобильных

устройств осуществляется на основе учетных данных (по единому логину и паролю), выданных ему «домашней» организацией. С технической точки зрения сервис базируется на распределенной иерархии взаимодействующих друг с другом RADIUS-серверов (специализированного ПО, реализующего функционал аутентификации, авторизации и сбора сведений об использованных ресурсах по протоколу RADIUS).

Проект eduroam функционирует уже в 85 странах мира, оказывая поддержку процессам научного сотрудничества и образовательной мобильности более чем 15 тыс. научным и образовательным организациям только в Европе.

Основными результатами работ по проекту eduroam в RUNNet на данный момент являются [13]: реализация и поддержка функционирования интегрированной инфраструктуры авторизации и аутентификации пользователей на базе сетей RUNNet и RASNet с организацией резервирования ключевых элементов инфраструктуры (в рамках Соглашения о сотрудничестве с МСЦ РАН), подключение нескольких российских университетов к проекту, развертывание пилотных зон сетевого роуминга в научных и образовательных организациях.

Проект eduGAIN (EDUcation Global Authentication Infrastructure, www.edugain.org) консорциума GÉANT ассоциирует удостоверяющие федерации разных стран, которые предоставляют возможности доступа к контенту, сервисам и ресурсам глобального R&E сообщества.

eduGAIN включает уже более 50 федераций-участниц, в рамках которых функционируют около 2700 узлов сервис-провайдеров (SP) и 2000 узлов провайдеров идентификации (IdP). Из всего спектра ресурсов наиболее востребованы библиографические и реферативные базы данных научных публикаций (Scopus, Web of Science, полнотекстовые базы данных Springer, Oxford University Press и др.).

Федеративная инфраструктура аутентификации и авторизации позволяет пользователям получать доступ к ресурсам и сервисам NREN и Интернета по технологии «единого окна» (Single Sign On, SSO). Наличие такой инфраструктуры существенно упрощает организацию взаимодействия между поставщиком ресурсов и сервисов и конечным пользователем, при этом хранение и обработка персональных данных пользователей производится в полном соответствии с требованиями действующего законодательства.

Специалисты RUNNet в течение 2017-2018 гг. выполнили широкий спектр работ по развертыванию базовой платформы AAI в сети, среди которых:

- создание инфраструктуры управления федерацией в сети RUNNet (на базе протокола SAML и программного пакета SimpleSAMLphp);
- развертывание демонстрационного полигона федеративного доступа к облачным сервисам коллективного пользования ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика» (aai.runnet.ru), включая ownCloud, FileSender, Redmine и др.;
- разработка и утверждение организационно-правовых и технических регламентов удостоверяющей федерации России (RUNNetAAI);
- подготовка необходимых документов и подача заявки на вступление удостоверяющей федерации России в проект eduGAIN.

По результатам проведенной организационно-технической работы удостоверяющая федерация России RUNNetAAI в апреле 2018 года стала 56-м официальным участником проекта eduGAIN. В ближайших планах работ – привлечение научных организаций и университетов к участию в проектах федеративной авторизации, а также продвижение российских ресурсов и сервисов в мировом R&E сообществе.

Заключение

Федеральная университетская компьютерная сеть RUNNet на протяжении многих лет успешно и эффективно решает стоящие перед ней задачи, обеспечивая надежную высокоскоростную сетевую связность организаций высшего образования и науки страны, предоставляя целевым пользователям доступ в мировое научно-образовательное ИКТ-пространство для возможности участия в совместных исследовательских и образовательных проектах, при реализации которых используются современные средства телекоммуникаций, сетевые технологии и сервисы.

Закрепление за RUNNet официального статуса *национальной научно-образовательной сети России* позволит внести вклад в создание единой цифровой платформы страны в качестве полноправной отраслевой сети, усилить позиции российской науки и образования на мировой арене, расширит возможности по взаимодействию с ведущими зарубежными NREN и сетевыми консорциумами, повысит оперативность и производительность обмена научными данными при выполнении совместных проектов за счет использования выделенной сети доступа, лишенной ограничений публичных сетей, эксплуатируемых коммерческими операторами.

Статья подготовлена в рамках Государственного задания ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика» на 2018 г. (номер проекта 2.12904.2018/12.1).

Литература

1. Концепция функционирования и развития федеральной университетской компьютерной сети RUNNet на 2017-2019 годы (утверждена Минобрнауки России 03 октября 2017 г. № ГТ-90/вн). – М.: ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика», 2017. – 33 с.
2. Абрамов А.Г., Евсеев А.В. Сеть RUNNet: навстречу современным вызовам сферы телекоммуникаций в науке и образовании // Информатизация образования и науки. – 2017. – №1(33). – С. 100-115.
3. Абрамов А.Г., Евсеев А.В. Анализ потребностей организаций высшего образования России в телекоммуникационных сервисах научно-образовательной направленности // Информатизация образования и науки. – 2018. – №2(38). – С. 9-18.
4. Абрамов А.Г., Евсеев А.В. Мониторинг активности пользователей научно-образовательной сети России RUNNet в межсетевом взаимодействии: методики, инструментарий, результаты // Информатизация образования и науки. – 2018. – №3(39). – С. 34-49.
5. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. №204. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027>.
6. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 01 декабря 2016 г. №642. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>.
7. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. №203. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919>.
8. Allocchio C., Balint L., Berkhout V., Bersee J., Izhvanov Y. et al. A History of international research networking: the people who made it happen. – Wiley-VCH, 2010. – 317 p.
9. Ryan J. A History of the Internet and the digital future. – London: Breakion Books Ltd, 2015. – 248 p.

10. Ижванов Ю.Л. Научно-образовательные компьютерные сети. Прошлое, настоящее и тенденции развития // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. – №2(19). – С. 17-25.

11. Абрамов А.Г. Панъевропейский научно-образовательный сетевой консорциум GÉANT: особенности инфраструктуры, ключевые проекты и сервисы // Информационные технологии. – 2018. – Т. 24. – №8. – С. 546-553.

12. GÉANT Association Compendium of national research and education networking organizations in Europe – 2015 Edition. <https://compendium.geant.org>.

13. Абрамов А.Г., Васильев И.В., Порхачёв В.А. Развитие инфраструктуры аутентификации и авторизации для удостоверяющей федерации в рамках проектов eduGAIN и eduroam на базе сети RUNNet // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2017. – №4. – С. 56-64.