

УПРАВЛЕНИЕ АДАПТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ ПАКЕТНОЙ СЕТИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ БАЗОВЫЕ IP-УСЛУГИ (Доклад участников коллоквиума D2, г. Лима (Перу))

M. MESBAN, A. MOAINI, V. MENEGUIM (Alstom Grid, France, Brazil)

Предисловие к переводу доклада: А.М. ЛИФШИЦ (ООО “НПЦ Приоритет”)

Развертывание большого числа “умных приложений” в электросетях требует новых базовых технологий передачи данных, основанных на IP или Ethernet. Развитие большинства существующих технологических приложений также связаны с сетевыми технологиями. В связи с этими процессами, ожидается, что в ближайшие годы будет увеличиваться потребность в сетях с коммутацией пакетов.

Миграция действующих телекоммуникационных сетей в пакетные технологии, в значительной степени, сдерживается некоторыми свойствами существующих систем связи, используемых в течение последних десятилетий, и принятых за основу для обмена информацией действующих технологических систем. Эти свойства обуславливают ограниченные функциональные возможности существующей телекоммуникационной сети энергетической системы.

Состояние системы связи базируется на двух основных функциях:

1. Архитектура и принцип работы подразумевает обеспечение работы коммуникационных ресурсов сети для быстрой передачи различных информационных потоков от источника до места назначения.
2. Управление и мониторинг. Способы контроля, модификации и масштабирования сети.

Появление и развитие пакетных коммуникационных технологий в энергетической системе в значительной степени зависят от способности обеспечить это детерминированное и управляемое поведение, также как возможность обеспечения постепенной и плавной миграции существующей сети в новую.

В статье дан анализ пути адаптации архитектуры сети с коммутацией пакетов и соответствующих решений для систем управления. Это позволит, при проектировании телекоммуникационной энергетической сети, принять глобальную стратегию развертывания технологических сетей коммутации пакетов, не разрушив управление существующими технологическими системами.

После предварительного описания требований к сети, статья продолжает краткое исследование архитектуры и технологических решений, обеспечивающих функционирование сети в течение всего жизненного цикла. Качество управления – существенная проблема, и статья исследует особенности архитектуры, разделение сегментов сети, иерархию управления сетью, исходя из требований оперативного управления важнейшими функциями, которые позволяют передавать информацию энергетических приложений.

Ключевые слова: *Smart Grid Communications, Telecom Network Management, Deterministic Networks.*

В приведенном ниже докладе СИГРЭ (D2-305-2014), касающемся гибридных энергетических телекоммуникационных сетей и понимания авторов сетевой архитектуры переходного периода, хочется отметить основные выводы, которые, подтверждаются опытом, накопленным в ряде стран, включая Россию:

1. Нам не уйти от длительного периода сосуществования разных сетевых технологий.
2. Корпоративным сетям не может быть альтернативы в виде аренды сетевых ресурсов операторов связи.
3. Сложность гибридных решений не заоблачная, но, как правило, непосильная для большинства сетевых компаний и, уж точно, проектных организаций.
4. Назрела необходимость не только разработки отраслевого стандарта построения сетей, но и создания набора типовых вариантов сетевой архитектуры, с рекомендациями конкретных гибридных решений. Это, возможно, скорректирует творчество на местах и дурь проектировщиков.
5. Скорее всего, необходим центр компетенции для поддержки, как стало модным называть, всего жизненного цикла оборудования и системы управления сети связи. Возможно, было бы полезно, на базе фрагмента сети какого-нибудь ДЗО ОАО “Россети”, попробовать создать кусок гибридной сети, заодно проверив заявленные параметры используемого оборудования и характеристики каналов связи, предназначенных для разных энергетических приложений.

Необходимо рассматривать решения производителей телекоммуникационного оборудования, которые могут соответствовать требованиям переходного периода, т.е., возможности их использования как элемента гибридных сетей (мне известно, как минимум, два производителя), для корпоративных сетей связи и, в частности, решения типа SD-WAN. Возможна единая точка выхода, т.е. vCPE, на каждой подстанции, которая, по сути, является высокоуровневым сетевым устройством, работающим как и с приложениями, так и на уровнях передачи данных. ЦУС является точкой терминирования всех устройств и общим контроллером, поэтому необходимо рассматривать его как единую точку отказа и прорабатывать решения по отказоустойчивости, а также по взаимодействию между vCPE напрямую, если это необходимо.

Ключевые функциональные возможности:

1. Возможность работы поверх любых WAN технологий: оптика, SDH, LTE, MPLS и т.д.
2. Мониторинг потерь, задержки, джиттера на канале и управление роутингом на основе полученных данных.
3. Балансировка между каналами.
4. SLA для приложений.
5. Безопасность (шифрование, аутентификация).
6. Для конфигурации не требуется высококвалифицированный персонал со знанием сетевых технологий.
7. Политики задаются на центральном контроллере.
8. Простая установка vCPE (zero-touch provisioning).
9. Возможность использования дополнительных сетевых сервисов (МСЭ, оптимизаторы трафика, прокси и т.д.).
10. Сбор статистики, аналитика.

А.М. Лифшиц

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Основной парадигмой является создание сети, соединяющей подстанции с Центрами Управления Сетями (ЦУС), обеспечивающей управление и контроль технологических процессов на подстанциях.

Сеть высокого напряжения, с ее умеренным числом объектов и сравнительно стабильной топологией, в большинстве случаев оборудована широкополосными средствами связи посредством развертывания ВОЛС по линиям электропередачи. Однако, существенное увеличение приложений, использующих Ethernet и IP в качестве современной сетевой технологии (например, РЗ, ПА, системы синхронизации, телемеханики, видеонаблюдения, управления доступом и т.д.) может столкнуться с проблемой увеличения объемов передаваемой информации, т.е. недостаточного масштабирования существующей сети связи. Более правильно передавать растущий пакетный трафик сразу по пакетной сети, не теряя производительность, что свойственно существующим не пакетным сетям, которые в настоящее время используются действующими приложениями.

В распределительной сети среднего напряжения (MV) намного больше подстанций, гораздо сложнее и динамичней их топология, в большинстве случаев значительно хуже по-

крытие сетью связи. Современные приложения автоматизации и управления в распределенных электрических сетях требуют улучшенной связи. Потребители электроэнергии, подключаясь к сети, подразумевают передачу через сеть MV сигналов взаимодействия и “умных измерений”.

Общая задача всей работы по созданию современной сети – получить экономически эффективную, удобную в работе, масштабируемую сеть передачи данных с коммутацией пакетов, обеспечить современными средствами телекоммуникаций всю электрическую сеть от Центров Управления до подстанций высокого (HV) и среднего (MV) напряжения и других точек контроля. Телекоммуникационная сеть должна удовлетворять требованиям к производительности, для обеспечения необходимых параметров задержки, надежности, устойчивости и безопасности в каждом сегменте, выполняющем прикладные задачи, и для всей системы управления энергетикой в целом.

Для реализации технологических сетей передачи данных возможно применение нескольких телекоммуникационных технологий и множество способов их объединить, включая некоторые, используемые сетевыми компаниями во всем мире. Однако, несмотря на схожесть применяемых технологий, новая сеть, построенная на современных телекоммуникационных технологиях, по крайней мере,

ее часть, непосредственно участвующая в процессе производства и распределения электроэнергии, не может быть использована в качестве корпоративной технологической сети.

Имея дело с задачами в контексте функционирования энергетической системы, кроме аспектов производительности, есть много проблем, связанных с управлением, которые необходимо рассмотреть в проекте пакетных сетей передачи данных. Сеть может содержать сотни или тысячи объектов, распределенных на обширной географической территории. Сеть должна соединять критичные ко времени приложения, управляться ограниченными средствами эксплуатирующей организации с персоналом не высокой квалификации и, поэтому, должна быть чрезвычайно простой на уровне подстанций, не должна создавать проблем для внесения исправлений и управления, соответствовать потребностям кибербезопасности для многих приложений. Другими словами, сеть должна поддерживать свойства, которые присуши

существующей системе связи, и обеспечивать новые потребности современных сетей.

Рассматривая управление и поддержку этой сети как две взаимосвязанные проблемы, нужно одновременно выполнить следующее:

- Проектные решения сетевой архитектуры должны облегчать развертывание сети, возможность обслуживания и мониторинга системы связи.
- Необходимо создать соответствующую платформу управления, способную обеспечить адекватный уровень управления сетевой инфраструктурой.

ТРЕБОВАНИЯ К СЕТИ И АРХИТЕКТУРЕ

Существующие и перспективные телекоммуникационные технологии, предназначенные для применения в магистральных и распределительных электрических сетях, перечислены в таблице 1. Соответствующие коммуникации

Таблица 1. Технологическая сеть связи для электрических сетей

Наименование технологических систем	Особенности	Требования
Взаимодействие технологического оборудования		
Сигналы защиты. Дифференциально-токовая продольная защита (CDP). Векторные системы контроля. Системы противоаварийной автоматики (SIPS). Самовосстанавливающиеся распределительные сети.	Трафик критичный по времени передачи сигналов и джиттеру. Требования определенных типов оборудования. Постоянная передача данных.	Низкое время задержки 5-50 мс. Быстрое восстановление < 50 мс. Асимметрия задержки для РЗ (CDP) 200 мкс. Обеспечение безопасности существующих приложений посредством разделения по уровням L1 и L2.
Сигналы Телемеханики (Scada RTU). Векторные измерения (Phasor Measurement Unit – PMU). Локализация повреждений. Мониторинг активной мощности. Мониторинг Телекоммуникационной Сети. Мониторинг безопасности и доступа.	От подстанций к ЦУС (или данные от сетей среднего напряжения к ЦУС). Трафик близкий к реальному времени, не очень чувствительный к джиттеру. Периодический/Постоянный поток данных.	Задержки 50-500 мс. Время восстановления 1-5 сек. Безопасность за счет шифрования и ограничения доступа.
Контроль и видеонаблюдение территорий Site Surveillance & Video.	Передача в ЦУС. Постоянный поток данных. Не чувствительно к задержкам.	Задержки 500 мс – 2 сек. Безопасность через шифрование.
Получение данных Интеллектуальных измерений MV Backhaulof smart metering (MV).	От подстанций в ЦУС. Периодический трафик не чувствительный к джиттеру и задержкам.	Задержки 500 мс – 2 сек. Восстановление сервиса минуты. Безопасность посредством аутентификации.
Средства связи “человек – человек” и “человек – машина”		
Технологическая голосовая связь (VoIP).	Голосовая связь Human-to-Human. Спорадический трафик, но чувствительный ко времени.	Задержка 150 мс. Время восстановления обслуживания 30 сек.
Удаленный доступ к технологическим системам подстанций. Удаленная поддержка, диагностика и конфигурирование.	Механизмы взаимодействия персонала с оборудованием подстанций. Обеспечение доступа оператора Центра Управления к технологическому оборудованию подстанций. Прохождение трафика в защищенной зоне.	Задержка 500 мс – 2 сек. Восстановление обслуживания 50 сек. Маршрутизация IP-трафика и гибкость. Обеспечение ограничения доступа шифрованием и аутентификацией.
Коммуникации персонала в полевых условиях. Удаленный доступ к системе мониторинга. Удаленный доступ к Центральной Базе данных. Обмен сообщениями и файлами.	Человек с Центром Управления Сетью. Защищенный доступ персонала подстанций к системе Удаленного Контроля и Системе Поддержки. Весь трафик в защищенной зоне.	Задержки 500 мс – 2 сек. Восстановление обслуживания 50 сек. Гибкая маршрутизация IP-трафика. Обеспечение ограничения доступа фильтрацией, шифрованием и аутентификацией.

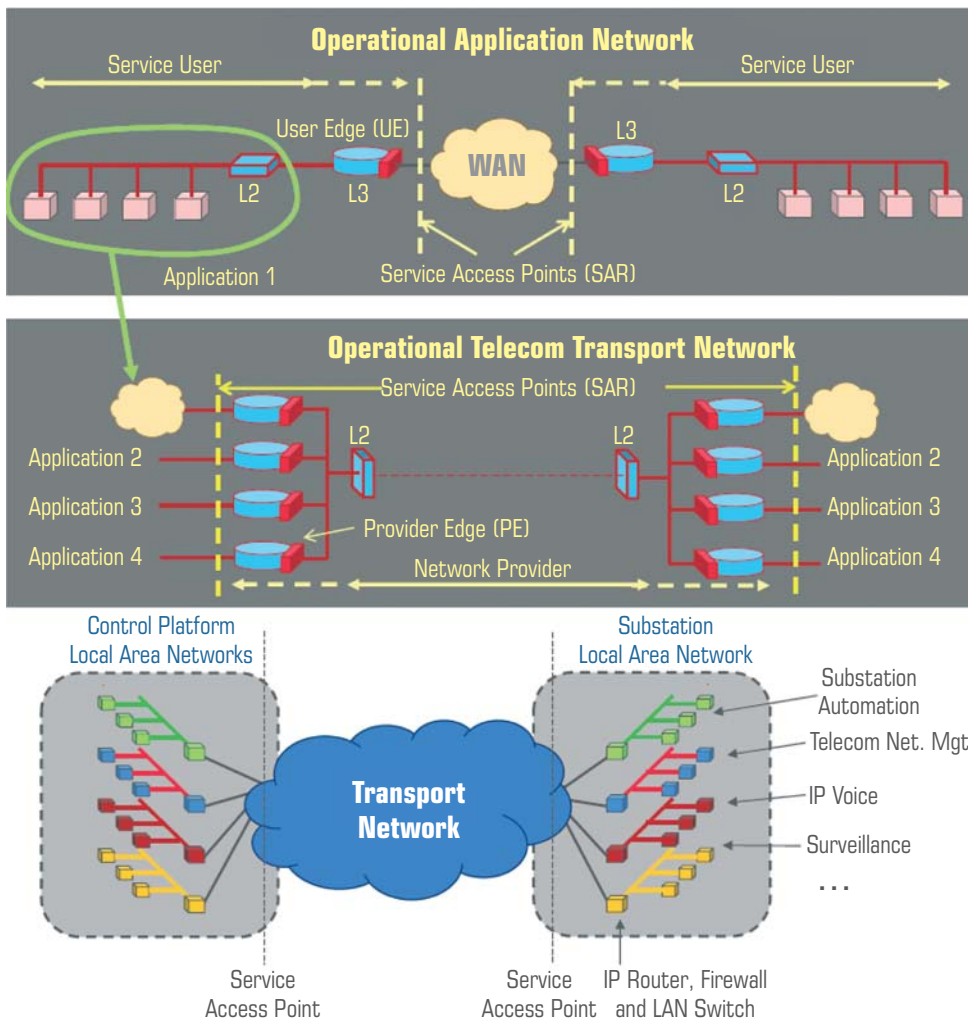


Рис. 1. Разделение Сети Приложений (AN) и Транспортной Сети (TN)

могут быть классифицированы согласно подключенным подсистемам (например: персонал, платформа ЦУС, распределенные устройства, и т.д.). На требования к сети связи в значительной степени влияют особенности каждой технологической подсистемы. Связь между оборудованием технологических систем имеет общий признак – это взаимодействие приложений с более высокой чувствительностью ко времени передачи сообщений и отсутствию ошибок, особенно на самых низких уровнях иерархии данных. Для действий, которые требуют участия персонала, управляющего технологическими системами и взаимодействующими со многими подсистемами, требуется более надежная система безопасности и механизмы аутентификации.

Необходимость соответствия различным требованиям, предполагает работу сетей, решающих различные прикладные задачи (Application Networks – AN), через общую транспортную сеть (TN). Каждая AN может объединять разно-

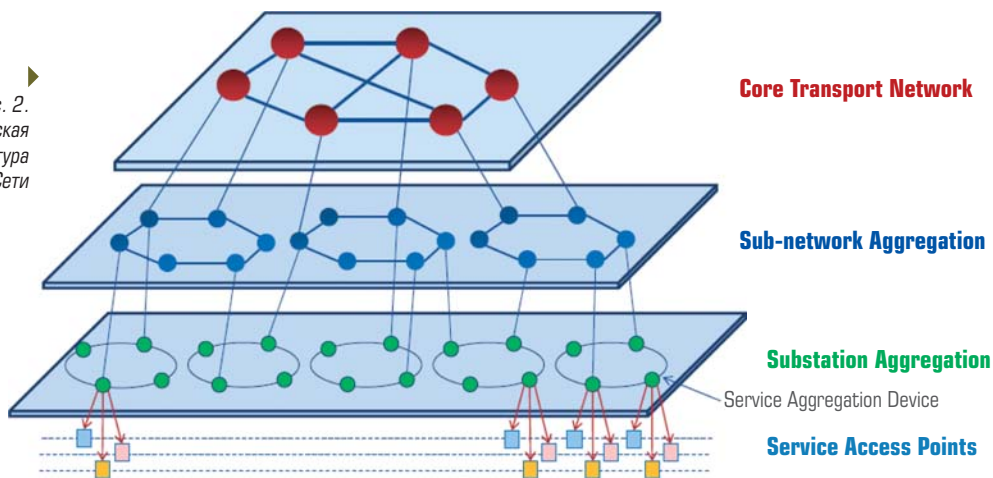
образные приложения с похожими требованиями (например – РЗ и ПА). Рисунок 1 иллюстрирует этот принцип разделения.

Все AN могут работать в L3 (IP) или L2 (Ethernet), могут объединять различные механизмы безопасности, могут управлять временными параметрами и обеспечивать необходимую гибкость. С другой стороны, TN должна быть магистральной сетью, обеспечивающей масштабируемые возможности соединения всех AN. Передача пакетов с контролируемыми и управляемыми временными параметрами, высокая доступность сети – главное требование реконструкции транспортной сети, использующей ранее сети SDN.

СТРУКТУРИРОВАНИЕ В СООТВЕТСТВИИ С ИЕРАРХИЕЙ

Разделение сетей, выполняющих прикладные задачи, и транспортных сетей, существенно упрощает их структуру, функционирование

Рис. 2.
Иерархическая
структура
Транспортной Сети



и обслуживание. Однако, количество объектов (узлов сети), входящих в состав большинства электрических сетей, требует дальнейшего сегментирования Транспортной Сети (ТН). Есть отличия задач агрегации информации на многочисленных подстанциях в соответствующую подсеть и задач Транспортной Сети, которая объединяет эти подсети для передачи информации Центру Управления Сетью, осуществляющему функции контроля, управления, обработки данных и т.д. По этому принципу, на каждой подстанции сетевое оборудование агрегации (Service Aggregation devices) обеспечивает точки доступа всем требуемым Приложениям (AN) (рис. 2) и связывает их с соседним оборудованием уровня агрегации, образуя подсеть с простыми механизмами защиты передачи данных (например, защищенное кольцо). Полученная подсеть связана с основной Транспортной Сетью в одном или двух узлах (основные точки доступа). Каждый уровень Агрегации и основная Транспортная Сеть могут быть далее подразделены по иерархическому принципу, согласно размеру сетей и их сложности.

Многие свойства сети могут быть связаны с этой иерархической моделью, основанной на знании технологических процессов, услуг и перспектив их развития:

1. Большинство подстанций электрических сетей, распределены в больших географических районах, требуя довольно низкой и устойчивой полосы пропускания. Будущие технологические приложения при внедрении на подстанциях существенно не увеличат объем трафика. Естественный рост объема передаваемой информации, главным образом, происходит там, где возникают новые узлы, которые должны быть созданы при расширении электрической сети. Технологические

системы не требуют частых модернизаций и изменений, которые могут вызвать перемены в их функционировании.

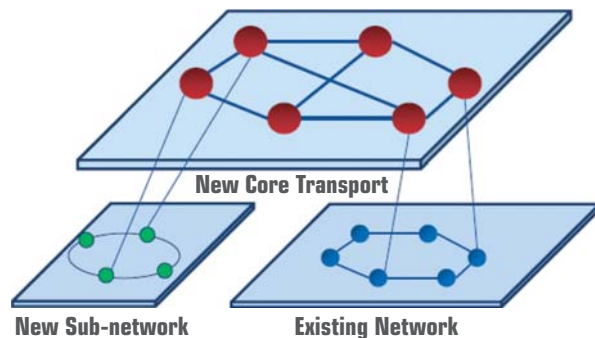
2. Близкие по структуре смежные узлы предъявляют самые жесткие требования с точки зрения задержек при передаче данных, времени восстановления сети при сбоях и достоверности данных (низкая вероятность ошибки и потери пакета). В большинстве случаев, можно предположить, что узлы, входящие в одну подсеть, в которой обеспечивается жесткий контроль всех параметров, не нуждаются в магистральной сети. Это касается таких приложений, как Защита и Противоаварийная Автоматика.
3. Используемые технологии на уровне подстанции должны быть надежными и не очень сложными, для того, чтобы все технологическое оборудование подстанций могли обслуживать специалисты с невысокой квалификацией.
4. Центрам Управления Сетями, в которых сосредоточены различные платформы управления и поддержки, требуется намного более широкая полоса пропускания и доступность. Они связываются сетью более высокой иерархии или, непосредственно, основной транспортной сетью. Эта сеть нуждается в частых модернизациях телекоммуникационных технологиях с точки зрения полосы пропускания, чтобы соответствовать новым требованиям при совершенствовании приложений высокого уровня.
5. Изменения сетей на подстанциях и соответствующих подсетях, происходят постепенно (в течение многих лет) и должны соответствовать темпу развития технологических систем подстанций в течение всего жизненного цикла существующего оборуду-

дования. Если постоянно совершенствовать и изменять телекоммуникационные технологии, если это еще не требуется технологическими приложениями (аналогично существующим процессам развития сетей у операторов связи), это может стать дополнительной проблемой, благодаря многократным вмешательствам в технологический процесс взаимодействия оборудования и высоким затратам. Стратегия миграции старых и новых сетевых технологий, позволяющая сосуществование старых и новых подсетей в той же самой архитектуре, является основной востребованной задачей (рис. 3). Базовая Транспортная Сеть (TN) может быть создана независимо от модернизации подсетей и должна быть готовой объединить их при возникновении потребности.

РАЗДЕЛЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ СЕТИ

Нужно далее отметить, что реальные функционирующие пакетные транспортные сети обычно комбинируют изменяющееся количество уровней передачи данных L1, L2 и L3 (рис. 4), чтобы обеспечить необходимую предсказуемость, детерминированное поведение, пропускную способность и масштабируемость.

Передача данных уровня L3, в большинстве случаев ограниченная в AN, может быть необходима на уровне TN. Также, для реализации каждого уровня сети могут использоваться разнообразные технологии. Например, уровень L1 может состоять из нескольких сетей, использующих беспроводные и проводные технологии передачи, уровень L2 может быть реализован посредством комбинации собственных Ethernet-коммутаторов, Ethernet по SDN и IP-MPLS, в то время как уровень L3 может включать IP-маршрутизаторы, коммутаторы уровней L2/L3 и IP-MPLS. Все это разнообразие должно интегрироваться в концепции модели управления сети.



▲ Рис. 3. Постепенная миграция на уровне подсетей

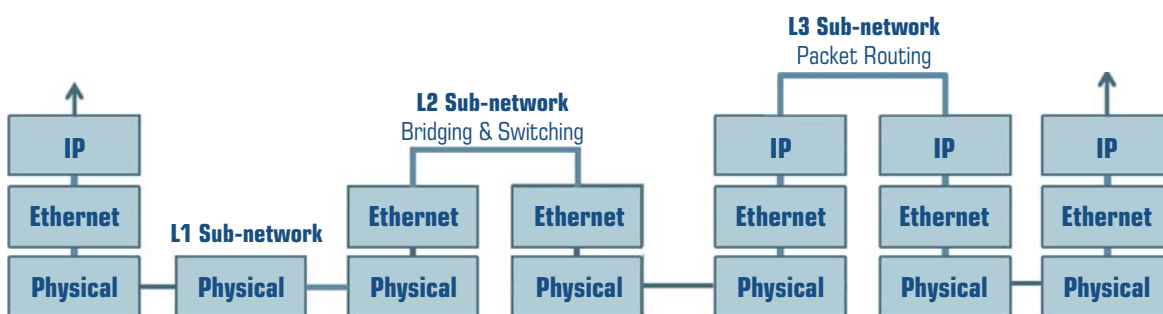
УПРАВЛЕНИЕ РАЗНООБРАЗНЫМИ СЕТЯМИ

Производители телекоммуникационного оборудования обычно обеспечивают основные инструменты управления, позволяющие управлять конфигурацией, осуществлять диагностику и детализировать повреждения.

Зачастую, более правильно использовать эти инструменты, объединяя их в уникальной платформе, вместо того, чтобы существующие элементы управления, с их функциями и свойствами, встраивать в общую платформу управления. Не говоря о стоимости реализации, сопровождения и поддержки в течение жизненного цикла, такие “самодельные” универсальные системы управления выглядят не очень привлекательно.

То, что, к сожалению, отсутствует в каталогах телекоммуникационных производителей, это инструменты для визуализации и контроля неоднородных сетевых архитектур уровней L1/L2.

Новые действующие сети, состоящие из разнообразных схемных решений, различных модификаций и режимов передачи пакетов, требуют визуализации, инструментов контроля и отображения каждого коммуникационного сервиса, используя один или оба режима, и взаимодействуют через многослойную структуру, например: IP и обычная передача речи или TCP/IP и SCADA.



▲ Рис. 4. Пример гибридного решения передачи данных на уровнях L1, L2 и L3

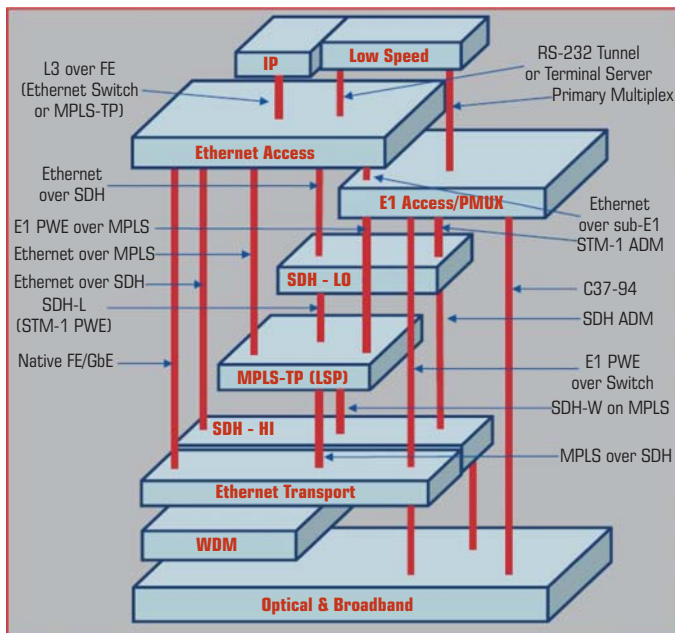


Рис. 5. Многослойная модель действующей телекоммуникационной сети в переходный период (от TDM к Packetным Сетям)

Рисунок 5 представляет одну такую многослойную модель, которая, несмотря на ее явную сложность, является нормальной ситуацией для действующей телекоммуникационной сети в течение очень длительного переходного периода. Продемонстрированная структура сети представляет собой сочетание SDH и пакетных сетей, где SDH используется для передачи пакетов, а пакетная сеть для эмуляции унаследованных интерфейсов TDM посредством туннелирования E1/SDH через пакетную сеть.

Визуализация различных сетевых уровней и их взаимодействия основана на контроле “логических соединений” одного устройства с другим устройством через тот же самый логический уровень. Это может быть соединением между двумя маршрутизаторами IP, Ethernet-коммутаторами агрегации технологических данных или узлами Транспортной Сети. Кроме того, нужно быть в состоянии визуализировать базовую инфраструктуру, используемую для того, чтобы создать любой заданный логический канал. Этот базовый уровень может быть составлен из других логических соединений между другими устройствами различных уровней.

Таким образом, платформа управления может вывести на экран события по каждому из 8 уровней сети связи с ее устройствами, конструкциями и соединениями. Это позволяет представить влияние каждого соединения на базовые уровни и, следовательно, это может определить воздействие события на различные уровни сети.

Эта архитектура управления, представленная на рис. 6, уже используется для визуализации не пакетных сетей, но ее преимущество — это возможность применения в действующих сетях небольшого размера, состоящих из пакетных и не пакетных уровней. Это позволяет не только отображать различные пути соединений между элементами сети, но и анализировать отказы и данные о производительности любой базовой инфраструктуры. Необходимые сетевые данные и информация о событиях в значительной степени доступны через MIB (Management Information Base) сетевого устройства, которая формируется, используя стандартный протокол

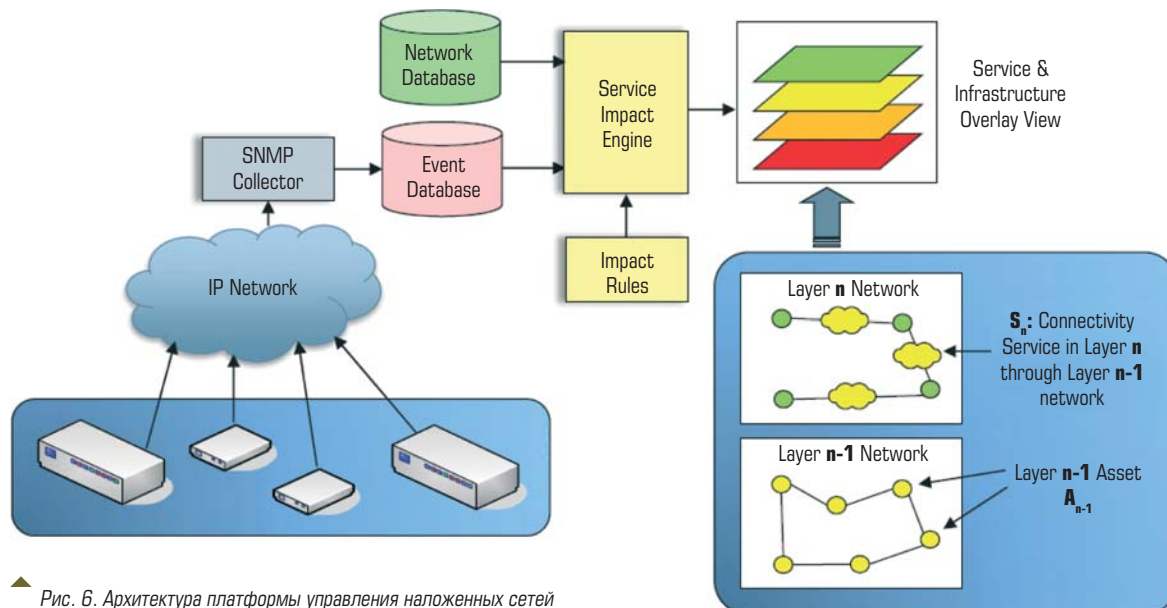


Рис. 6. Архитектура платформы управления наложенных сетей

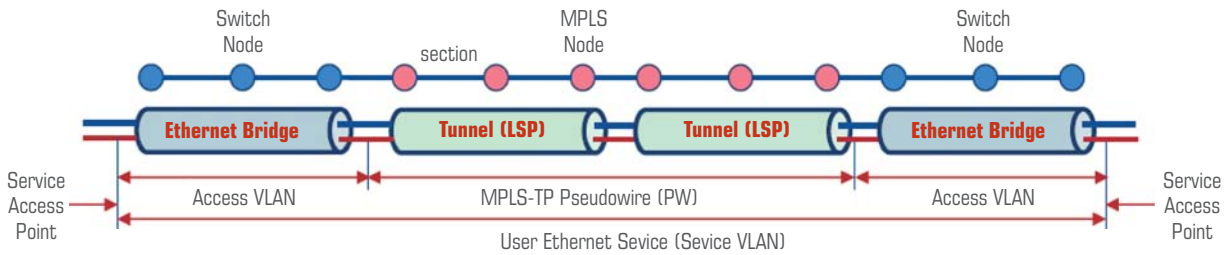


Рис. 7. Референсная структура Ethernet/MPLS-TP в соответствии с ITU-T Y.1731 OAM

SNMP. Это включает мониторинг параметров сети и уведомление о событиях (SNMP-trap).

Особенно интересен в этом отношении, Carrier Ethernet с функцией OAM, определенные в ITU-T, Y.1731 и IEEE 802.1ag, включенный в устройства MPLS-TP и магистральные коммутаторы Ethernet, что дает возможность контролировать от сегмента к сегменту и от начала до конца маршрута задержку и потери пакетов (наряду с другими параметрами). Эти данные могут быть использованы в совмещенной платформе управления. Что касается рис. 7, представленного ниже, мониторинг сети может осуществляться посредством обмена пакетами управления:

- Между точками доступа Access Point (end-to-end service VLAN).
- Через VLAN доступа Access Vlan (Ethernet Bridge).

- Через MPLS-TP с LSP (Туннелирование) и через Псевдо-проводное соединение.
- Между соседними узлами (сегментами).

Визуализация различных уровней, осуществляющих транспортировку пакетов через действующую телекоммуникационную сеть, иллюстрируется на примере схемы (рис. 8).

На рис. 8 представлена Магистральная Транспортная Сеть Ethernet, объединяющая уровни агрегации и уровни доступа и состоящая из соединенных кольцом Ethernet-коммутаторов и транспортной сети MPLS-TP с псевдопроводным Ethernet. Уровень 2A представляет физическую топологию сети. Линия связи Sx представляет логические соединения по волокну, WDN или SDH, образующие другие, не представленные уровни связи в системе. В целом, Ethernet обеспечивает функ-

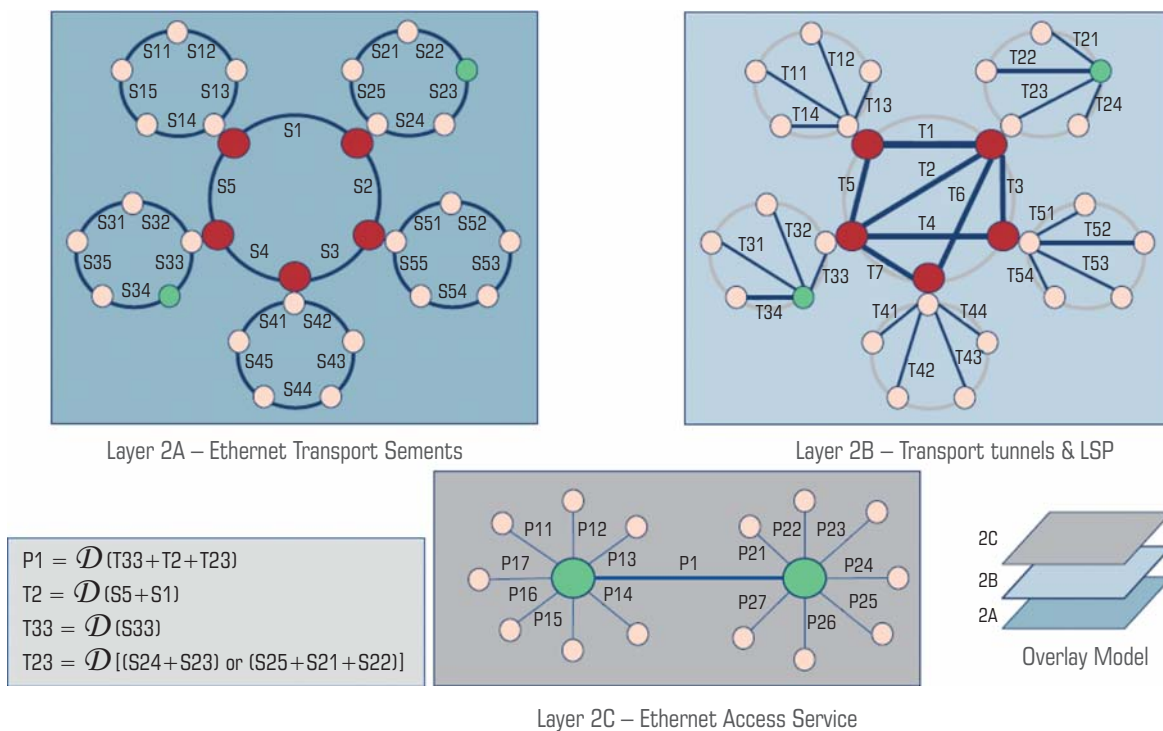


Рис. 8. Многоуровневое управление сетью Ethernet/MPLS-TP

ции транспортной сети (E-Line или E-LAN), как представлено в Уровне 2С. Уровень 2В является промежуточным и демонстрирует туннелирование (транспортные VLAN или LSP), которые были реализованы для транспортировки соединений уровня 2С. Платформа управления выводит на экран, среди других коммуникационных уровней (волокно, SDH, E1, и т.д.), три уровня коммутации пакетов (2А, 2В и 2С) вместе с информацией, доступной на каждом уровне. Кроме того, платформа имеет возможность контролировать данные о межуровневом взаимодействии (например, соединение Р1 зависит от Т33, Т2 и Т23). При работе сети, коллизии могут распространяться между уровнями, и оператор должен исследовать первопричины возникновения аномалии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Темп развития технологий в электроэнергетике и систем управления технологическими процессами, при необходимости соблюдения ограничений, связанных с требованиями непрерывности функционирования сети, приводит, в большинстве случаев, к очень длительному процессу миграции и необходимости сосуществования многих технологий, включая разнообразные методы коммутации пакетов. Поддержка такой гибридной сети может достигать значительной степени сложности, приводящей к ошибкам оператора, ухудшения производительности и инцидентам с потерей кибербезопасности. Этот долгий процесс миграции относится не только к сетевой инфраструктуре, но и к навыкам персонала, инструментам и приборам, документации и т.д., подразумевая, что для управления теле-

коммуникационной инфраструктурой энергосистемы, необходимо осваивать новые технологии, поддерживая существующие.

Точное соответствие требованиям пользователя, определяющееся производительностью, которая должна быть обеспечена между конечными точками на каждом “топологическом интервале”, очень важно для определения границ сетевой сложности.

Инструменты управления, обеспечивающие полный охват всех сетевых элементов, являются часто слишком дорогостоящими и слишком сложными для возможностей телекоммуникационной организации, обслуживающей корпоративную сеть энергетической компании. С другой стороны, использование пакетной транспортной сети внешних телекоммуникационных операторов не всегда удовлетворяет специфическим требованиям к эксплуатации телекоммуникационных сетей в энергосистемах.

Гибридные иерархические многоуровневые решения, описанные в этой статье, и соответствующие многослойные инструменты управления, могут обеспечить нужный объем информации, необходимой для того, чтобы поддержка собственной транспортной сети была рентабельной. В то же время, управление Сетями Приложений может быть реализовано с использованием стандартных, имеющихся в наличии, систем управления IP-сетями.

*M. Mesbah, A. Moaini, V. Meneguim –
Alstom Grid, France, Brazil.*

E-mail: mehrdad.mesbah@alstom.com

*А.М. Луфшуйц – генеральный директор
ООО “НППЦ Приоритет”.*