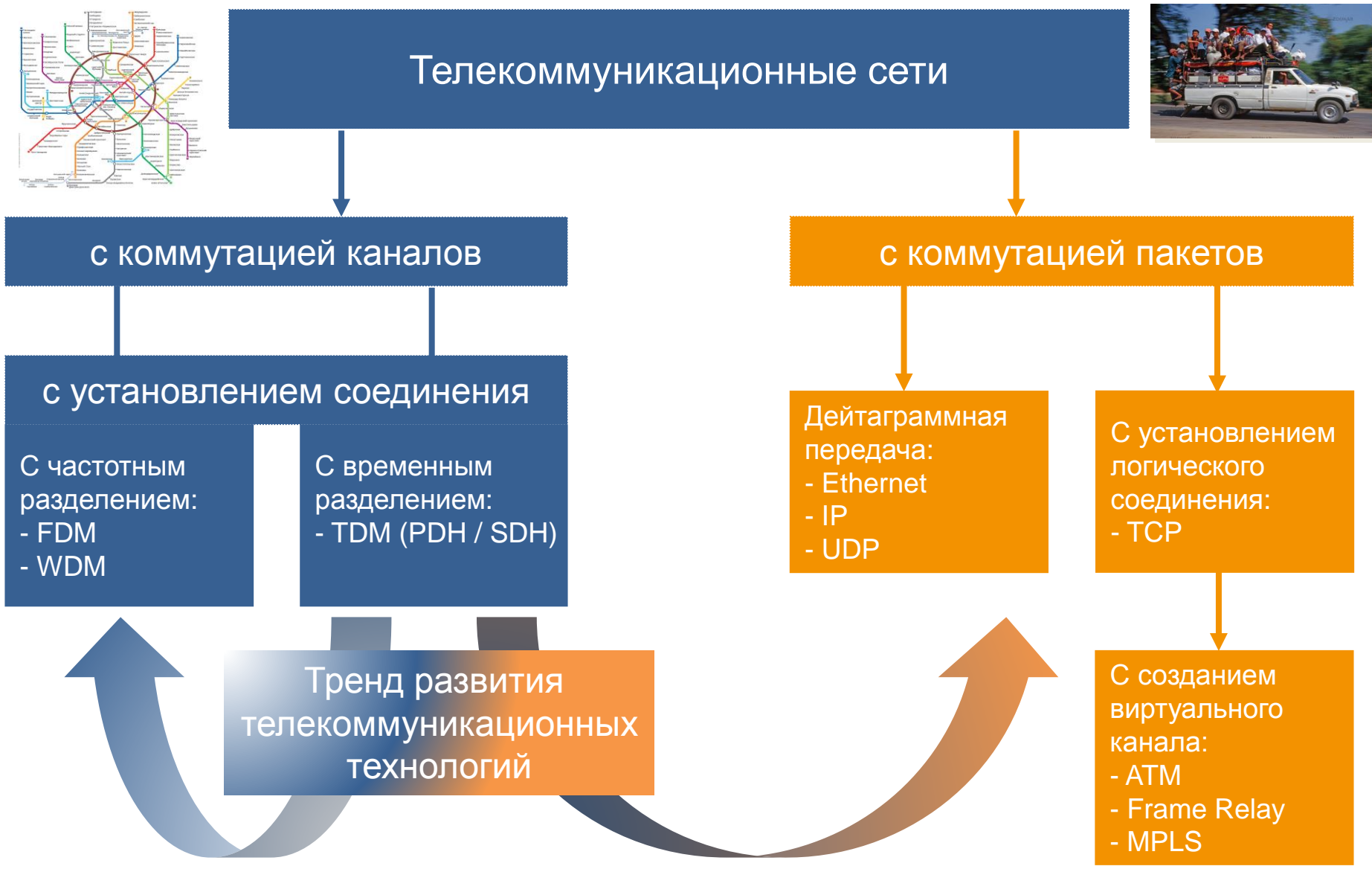




Грамашов Владимир Викторович

**ПРИМЕРЫ ПЕРЕХОДА НА ТЕХНОЛОГИИ ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СВЯЗИ. ПРИЧИНЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫВОДЫ.**

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ: ТЕХНОЛОГИИ



Общий случай

Сети с коммутацией каналов:

- требуется предварительное установление соединения
- адрес нужен только на этапе установления соединения
- сеть может отказать абоненту в установлении соединения
- **гарантированная пропускная способность** (полоса пропускания) для взаимодействующих абонентов
- **трафик реального времени передается с небольшой детерминированной задержкой**
- **высокая надежность передачи**
- **нерациональное использование пропускной способности агрегатных каналов, снижающее общую эффективность сети**

Сети с коммутацией пакетов:

- отсутствует этап установления соединения (дейтаграммный способ)
- адрес и другая служебная информация передаются с каждым пакетом
- сеть всегда готова принять данные от абонента, но не всегда готова их полностью передать
- **пропускная способность сети для абонентов неизвестна, задержки передачи носят случайный характер**
- ресурсы сети используются более эффективно при передаче пульсирующего трафика
- **возможны потери данных из-за переполнения буферов**
- автоматическое динамическое распределение пропускной способности физического канала между абонентами

Некоторое время назад ООО «Юнител Инжиниринг» проводило тестирование каналов **E1** в маршрутизаторах **IP/MPLS** в качестве каналов для **P3A**.

Тесты с использованием приборов и терминалов **ДЗЛ** / **УПАСК** показали:

- задержка в канале приемлема как для **УПАСК**, так и для **ДЗЛ**
- асимметрия задержки в канале удовлетворяет требованиям, которые предъявляют **ДЗЛ (не более 250-300 мкс)**
- штормовая нагрузка в сети не влияет на параметры синхронного канала (при корректных настройках маршрутизаторов ошибки и проскальзывания не наблюдались, величина задержки в канале стабильна)
- накладные расходы для организации канала **ДЗЛ** многократно превышают доступную для пользователя скорость передачи данных (вопрос об эффективности сетей **MPLS** при большом количестве **высоконадежных** синхронных каналов **P3A**)

!!! Регламентированный срок службы уже установленного и устанавливаемого оборудования **P3A**, использующего синхронные каналы составляет **25 лет**, что необходимо учитывать при миграции к сетям с пакетной коммутацией

EGAT – электростанция генерирующая компания Тайланда

Протяженность магистральных ЛЭП ~33,000 км

Уровни напряжений 115, 132, 230 и 500 кВ

Количество п/станций 223





21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http : /www.cigre.org

D2-307

CIGRE 2018

Challenges in EGAT telecommunication system integration

P.CHIEWCHARAT, C.PONGMALA, W.YUTTACHAI
Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT)
THAILAND

SUMMARY

As packet technologies are dominating the world's internet connection. Many power utilities nowadays are beginning to adopt applications such as surveillance cameras and triple-play services, which are developed packet based and require more data transmission capacity. EGAT's existing network, i.e. Synchronous Digital Hierarchy (SDH), might not be able to handle those services in an efficient and effective way. However, some power utility's services; for example, control and protection, still need to be transported through the existing network as it can guarantee the transmission time and delay. For that reason, we introduce Multiprotocol Label Switching - Transport Profile (MPLS-TP), the new technology that can cooperate with both TDM and packet technology, to our network. The key features of MPLS-TP are connection-oriented, in-band Operation Administration and Maintenance (OAM), bidirectional LSP and sub-50 millisecond protection switching.

In this paper, two strategies are proposed and discussed. The first strategy is replacing the existing SDH with the enhanced capacity equipment to support large bandwidth IP application and the second one is implementing the new MPLS-TP system. The comparison has been categorized in two aspects, i.e. technical-wise and economic-wise. Based to our analysis, we conclude that adopting MPLS-TP system might be an appropriate direction for EGAT.

Finally, as asset management has become one of the most interesting topic for every businesses, we has formed our draft model of telecommunication asset management called "TeleHealth". Our program is able to estimate the health index, inform the status of each equipment in the network and give recommendations on purchasing plan based on three factors, i.e. age of equipment, obsolete time of production and deterioration. We used TeleHealth to estimate the equipment replacement plan in 2017. The result was impressive and accurate.

KEYWORDS

Telecommunication, SDH, MPLS-TP, IP, TDM, packet, teleprotection, OAM, Life-Cycle, Asset-Management

Pornpong.c@egat.co.th

Доклад на сессии СИГРЭ 2018 D2-307

«Сложности интеграции телекоммуникационных систем в EGAT»

Краткое содержание публикации

- Почему выбор EGAT - технология MPLS-TP
- Выбор из двух вариантов модернизации:
 1. обновить существующее SDH/PDH оборудование до последней версии ?
 2. новое оборудование MPLS-TP ?
- Стоимость внедрения и эксплуатации

Исходные данные

Сеть технологической связи для передачи сигналов команд РЗ, голоса и данных (северо-восточный регион страны). 52 сетевых элемента.

Используемая технология для построения первичной сети

ВРК (TDM), PDH/SDH STM-1/4/16 (155 Мбит/с – 2,5 Гбит/с). Оборудование используется 15 лет и доказало свою надежность.

Какую технологию рассматривают в качестве перспективной

MPLS-TP

Почему выбрали именно эту технологию?

Рекомендация компании поставщика оборудования

Какие видят преимущества новой технологии

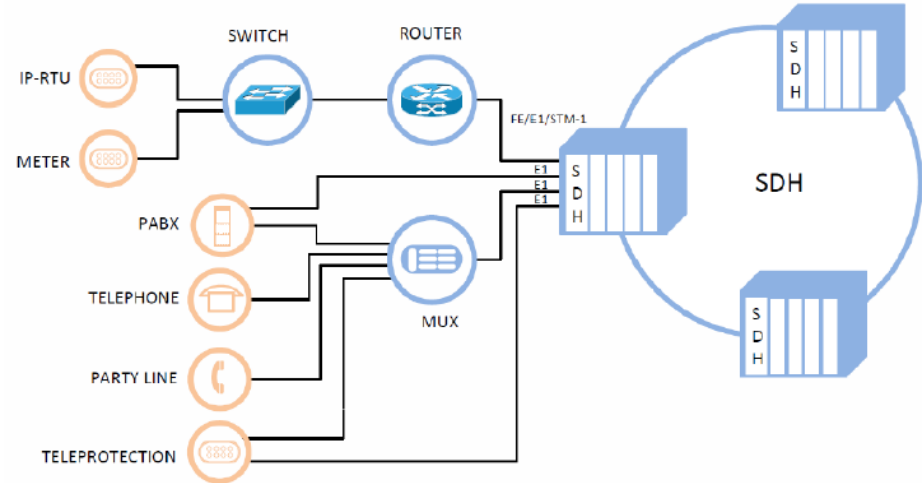
Более эффективное использование магистральной линии связи

Какие видят недостатки новой технологии

Риски задержки пакетов или потери трафика при перегрузке сети

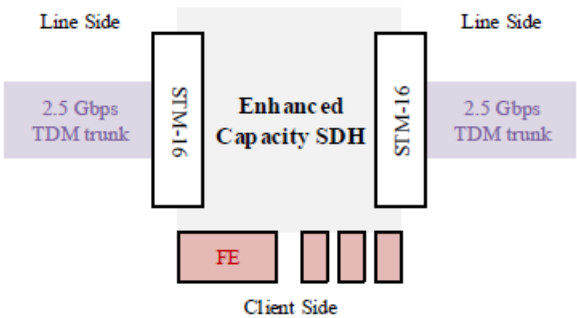
ВАРИАНТ МОДЕРНИЗАЦИИ: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ EGAT (ТАЙЛАНД)

Фрагмент существующей телекоммуникационной сети

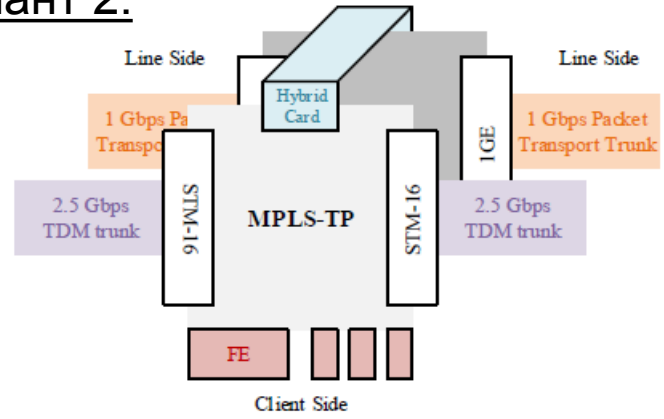


Рассматриваемые варианты модернизации

Вариант 1.



Вариант 2.



Стоимость оборудования

Описание	Модернизированное SDH оборудование		MPLS-TP оборудование	
	Кол-во	Стоимость	Кол-во	Стоимость
Модуль кросс-коннекта	2 модуля	56,000 THB	-	-
Расширенный кросс-коннект	-	-	2 модуля	110,000 THB
Гибридный модуль	-	-	1 модуль	42,000 THB
STM-16 модуль	2 модуля	92,000 THB	2 модуля	92,000 THB
1GE модуль	-	-	2 модуля	95,000 THB
8FE модуль	2 модуля	6,400 THB	2 модуля	6,400 THB
Остальные модули	1 набор	450,400 THB	1 набор	450,400 THB
Стоимость одного узла	1 узел	604,800 THB	1 узел	795,800 THB
Стоимость сети	52 узла	31,45 МTHB	52 узла	41,38 МTHB

Стоимость решения MPLS-TP дороже решения SDH на ~30%

Стоимость внедрения и обслуживания

Описание	Существующее оборудование SDH	Модернизированное оборудование SDH	Оборудование MPLS-TP
Типовая мощность потребления (на узел)	275 Вт	340 Вт	700 Вт
Затраты на эксплуатацию – 24/7 (на 1 узел за 1 год)	8,976 THB	11,400 THB	25,080 THB

Рост затрат на эксплуатацию варианта MPLS-TP более чем в 2 раза превышает вариант с модернизированным SDH оборудованием

ВАРИАНТ МОДЕРНИЗАЦИИ: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ ESB (ИРЛАНДИЯ)

EirGrid – Системный оператор

(передача э/энергии по магистральным сетям)

ESB Networks – Оператор распределенных сетей

ESB Telecoms – Оператор связи

Протяженность магистральных ЛЭП 6,500 км

Уровни напряжений 110, 220, 275 и 400 кВ

Количество п/станций: 154 (данные на конец 2015)



TRANSMISSION SYSTEM
400, 275, 220 and 110 KV
JANUARY 2013





PS 3-8

Evolving Telecommunications for Next Generation Power Systems

Anthony Gray

Electricity Supply Board (Ireland)

(IE)

SUMMARY

Telecom Services, ESB Networks, operates a company owned and built telecommunications network within the Republic of Ireland. This network carries traditional serial SCADA, IP based SCADA, Energy Metering data, Operational Telephony, Teleprotection and Differential Protection. The network also carries a number of distinct IP WANs including those for Hydro Station operation, Phase Measurement and Disturbance Monitoring.

Operational telecoms are provided to the Transmission System Operator (EirGrid), the Distribution System Operator (ESB Networks) and ESB Generation and Wholesale Markets. ESB corporate WAN and corporate voice and video are also carried.

This network has grown from a modest microwave based PDH core intended to meet the needs of the TSO and generating stations and is now a large integrated fibre and microwave based network capable of natively carrying both SDH and IP traffic.

The reach of the network is further extended using UHF and VHF polling telemetry systems. These are supplemented by APNs and VPNs on public carrier mobile networks to give connection to MV pole top re-closers and disconnects as well as various sensors including fault passage indicators.

The increasing demand for IP based applications, the multitude of smart grid applications and the need for greater geographical coverage is driving a new network iteration which will provide a scalable Operational IP infrastructure with separate (either physical, TDM or wavelength) TSO and DSO networks. This network will also continue to provide native SDH to support differential protection schemes and the various legacy applications which are expected to remain in use for some time.

A variety of requirements such as cost, continuity of service (particularly in adverse weather conditions), latency, bandwidth, high availability, resilience, time signal distribution, security and geographical reach all need to be considered in the efficient deployment of suitably designed communication infrastructure for connecting both traditional and new applications.

ESB Networks, Clarendon House, Clarendon Place, Dublin, DO2CV81, Ireland
anthony.gray@esb.ie

Доклад на коллоквиуме 2017 ИК D2 СИГРЭ PS 3-8

«Развитие телекоммуникаций для электроэнергетических систем следующего поколения»

Краткое содержание публикации

- Почему выбор ESB - технология IP/MPLS
- Требования к новой IP инфраструктуре
- Что делать с каналами для ДЗЛ
- Как осуществлять миграцию с TDM на MPLS

Исходные данные

Сеть технологической связи для SCADA (101 и 104 протокол), телемеханики, телефонии, каналов для ДЗЛ и передачи команд РЗ.

Три пары волокон. ~3000 км. 326x SDH и 110x PDH мультиплексоров.

Ресурсов сети достаточно чтобы покрывать текущие нужды, включая IP.

Используемая технология для построения первичной сети

ВРК (TDM), PDH/SDH: E1-E2, STM-1/4/64 (155 Мбит/с – 10 Гбит/с)

ЧРК (FDM), ВЧ связь дополняет каналы ВОЛС и РРЛ

Какую технологию рассматривают на перспективу IP/MPLS поверх SDH

Почему выбрали именно эту технологию?

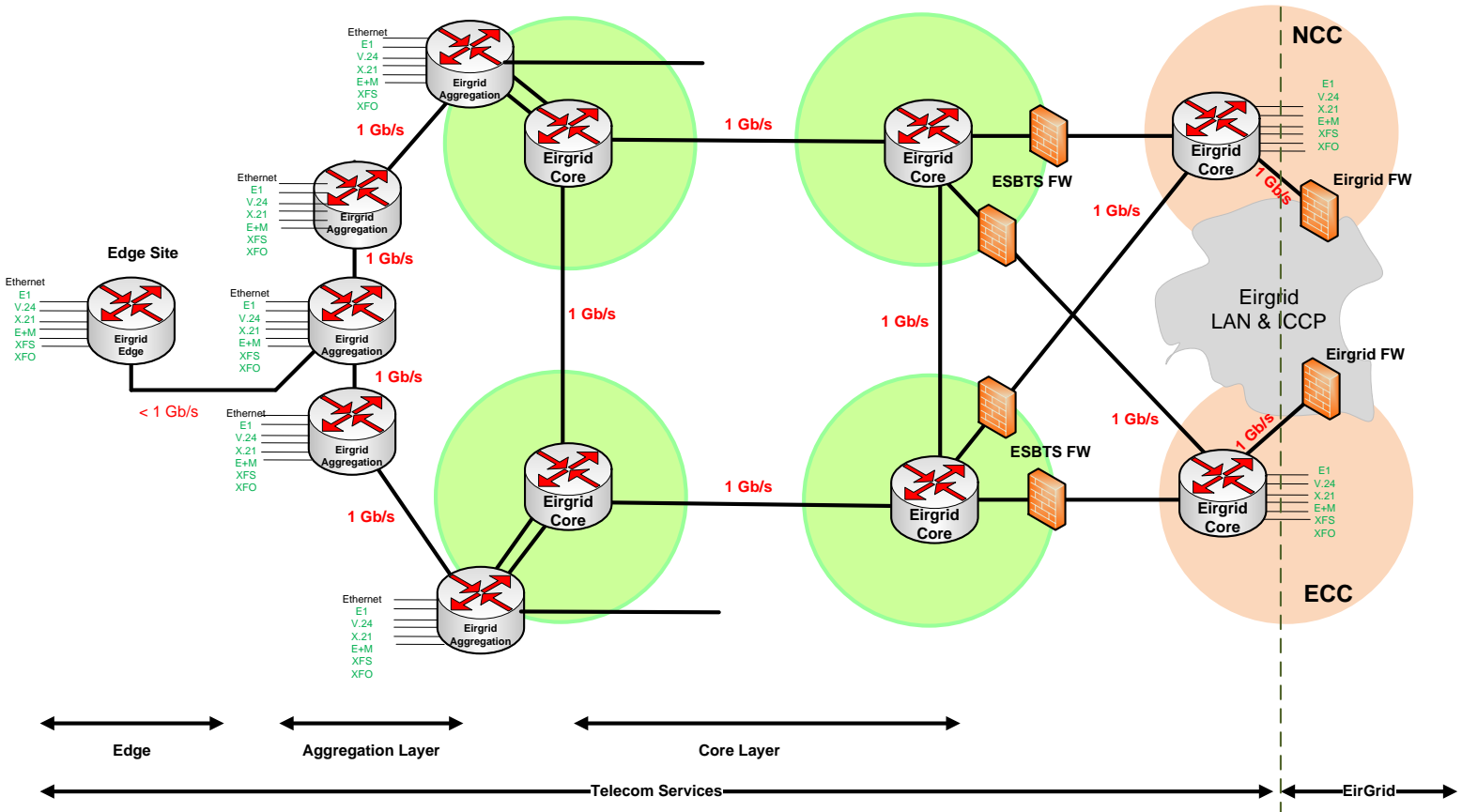
Недостаточная гибкость и неоптимальная обработка IP трафика с использованием традиционных технологий.

Какие видят недостатки новой технологии

Риски задержки пакетов или потери трафика при перегрузке сети

ВАРИАНТ МОДЕРНИЗАЦИИ: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ ESB (ИРЛАНДИЯ)

Фрагмент модернизированной телекоммуникационной сети



FINGRID

Fingrid Oyj – системный оператор и оператор магистральных сетей Финляндии

Протяженность магистральных ЛЭП ~14,500 км
(110 кВ – 7600 км, 220 кВ – 2200 км, 400 кВ – 5100 км)

Уровни напряжений 110, 220 и 400 кВ

Количество п/станций 116



Исходные данные

Мультисервисная сеть технологической связи для передачи сигналов команд РЗ, голоса и данных

Используемая технология для построения

первичной сети

ВРК (TDM), PDH/SDH STM-1/4/16
(155 Мбит/с – 2,5 Гбит/с)

Какую технологию рассматривают в качестве перспективной

Пока не видят альтернативы SDH и продолжают закупать оборудование TDM у проверенного производителя.

Почему не торопятся с выбором альтернативной технологии?

Не готовы платить предложенную цену за переход на технологии пакетной коммутации и нести сопутствующие технические риски.

FINGRID

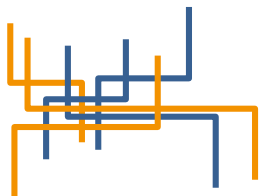


PDH / SDH

ITU-T G.664: Optical safety procedures and requirements for optical transport systems
ITU-T G.702: General aspects of digital transmission systems – Terminal equipment - Digital hierarchy bit rates
ITU-T G.703: Digital transmission systems – Terminal equipment – General Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces
ITU-T G.704: Digital transmission systems – Terminal equipment – General Synchronous frame structures used at 1544, 6312, 2048, 8448 and 44 736kbit/s hierarchical levels
ITU-T G.706: General aspects of digital transmission systems – Terminal equipment - Frame alignment and cyclic redundancy check (CRC) procedures relating to basic frame structures defined in recommendation G.704
ITU-T G.707: Network node interface for the synchronous digital hierarchy
ITU-T G.711: Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies
ITU-T G.712: Transmission performance characteristics of pulse code modulation channels
ITU-T G.732: General aspects of digital transmission systems – Terminal equipment - Characteristics of primary PCM multiplex equipment operating at 2048kbit/s
ITU-T G.735: Characteristics of primary multiplex equipment operating at 2048kbit/s and offering synchronous digital access at 384kbit/s and/or 64kbit/s
ITU-T G.736: General aspects of digital transmission - Characteristics of a synchronous digital multiplex equipment operating at 2048kbit/s
ITU-T G.737: Characteristics of external access equipment operating at 2048kbit/s and offering synchronous digital access at 384kbit/s and/or 64kbit/s
ITU-T G.783: Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH): equipment functional blocks
ITU-T G.785: Characteristics of a flexible multiplexer in a synchronous digital hierarchy environment
ITU-T G.803: Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)
ITU-T G.805: Generic functional architecture of transport networks
ITU-T G.813: Timing characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment slave clocks (SEC)
ITU-T G.823: The control of jitter and wander within digital networks, which are based on the 2048kbit/s hierarchy
ITU-T G.825: Control of Jitter and Wander within Digital Networks which are based on Digital Synchronous Hierarchies (SDH)
ITU-T G.826: Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate
ITU-T G.841: Types and characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) network protection architectures
ITU-T G.957: Optical interfaces for equipment and systems relating to the synchronous digital hierarchy
ITU-T G.991.2: Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers
ITU-T G.7041: Generic framing procedure (GFP)
ITU-T G.7042: Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS) for virtually concatenated signals
ITU-T G.8013/Y.1731: OAM functions and mechanisms for Ethernet based networks
ITU-T G.8032/Y.1344: Ethernet ring protection switching
ITU-T G.8261: Timing and Synchronization Aspects in Packet Networks
ITU-T K20: Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunications centre to overvoltages and overcurrents
ITU-T K.21: Resistibility of telecommunication equipment installed in customer premises to overvoltages and overcurrents
ITU-T K.45: Resistibility of telecommunication equipment installed in the access and trunk networks to overvoltages and overcurrents
ITU-T M.2101.1: Performance limits for bringing into service and maintenance of international SDH paths and multiplex section
ITU-T Q.552: Transmission characteristics at 2-wire analogue interfaces of digital exchanges
ITU-T Q.553: Transmission characteristics at 4-wire analogue interfaces of digital exchanges
ITU-T T.50: International Reference Alphabet (IRA) - Information technology 7 bit coded character set for information interchange

IP-MPLS / MPLS-TP

RFC 3031 (01/2001): Multiprotocol Label Switching Architecture
RFC 3032 (01/2001): MPLS Label Stack Encoding
RFC 3270 (05/2002): Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services
RFC 3985 (03/2005): Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge (PWE3) Architecture
RFC 4664 (09/2006): Framework for Layer 2 Virtual Private Networks (L2VPNs)
RFC 4665 (09/2006): Service Requirements for Layer 2 Provider-Provisioned Virtual Private Networks
RFC 4762 (01/2007): Virtual Private LAN Service (VPLS) Using Label Distribution Protocol (LDP) Signaling
RFC 5254 (10/2008): Requirements for Multi-Segment Pseudowire Emulation Edge-to-Edge (PWE3)
RFC 5462 (02/2009): Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Stack Entry: "EXP" Field Renamed to "Traffic Class" Field
RFC 5654 (09/2009): Requirements of an MPLS Transport Profile
RFC 5659 (10/2009): An Architecture for Multi-Segment Pseudowire Emulation Edge-to-Edge
RFC 5921 (07/2010): A Framework for MPLS in Transport Networks
RFC 5960 (08/2010): MPLS Transport Profile Data Plane Architecture
RFC 6870 (02/2013): Pseudowire Preferential Forwarding Status Bit
RFC 7213 (06/2014): MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Next-Hop Ethernet Addressing
RFC 7087 (12/2013): A Thesaurus for the Interpretation of Terminology Used in MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Internet-Drafts and RFCs in the Context of the ITU-T's Transport Network Recommendations
RFC 3811 (06/2004): Definitions of Textual Conventions (TCs) for Multiprotocol Label Switching (MPLS) Management
RFC 3812 (06/2004): Multiprotocol Label Switching (MPLS) Traffic Engineering (TE) Management Information Base (MIB)
RFC 3813 (06/2004): Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Switching Router (LSR) Management Information Base (MIB)
RFC 4802 (02/2007): Generalized Multiprotocol Label Switching (GMPLS) Traffic Engineering Management Information Base
RFC 4803 (02/2007): Generalized Multiprotocol Label Switching (GMPLS) Label Switching Router (LSR) Management Information Base
RFC 5601 (07/2009): Pseudowire (PW) Management Information Base (MIB)
RFC 5602 (07/2009): Pseudowire (PW) over MPLS PSN Management Information Base (MIB)
RFC 5603 (07/2009): Ethernet Pseudowire (PW) Management Information Base (MIB)
RFC 5718 (01/2010): An In-Band Data Communication Network For the MPLS Transport Profile
RFC 5950 (09/2010): Network Management Framework for MPLS-based Transport Networks
RFC 5951 (09/2010): Network Management Requirements for MPLS-based Transport Networks
RFC 6370 (09/2011): MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Identifiers
RFC 6373 (09/2011): MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Control Plane Framework
RFC 6639 (06/2012): Multiprotocol Label Switching Transport Profile (MPLS-TP) MIB Based Management Overview
RFC 6923 (05/2013): MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Identifiers Following ITU-T Conventions
RFC 7331 (08/2014): Bidirectional Forwarding Detection (BFD) Management Information Base
RFC 5586 (06/2009): MPLS Generic Associated Channel
RFC 5860 (05/2010): Requirements for Operations, Administration, and Maintenance (OAM) in MPLS Transport Networks
RFC 5880 (06/2010): Bidirectional Forwarding Detection (BFD)
RFC 6371 (09/2011): Operations, Administration, and Maintenance Framework for MPLS-Based Transport Networks
RFC 6374 (09/2011): Packet Loss and Delay Measurement for MPLS Networks
RFC 6426 (11/2011): MPLS On-Demand Connectivity Verification and Route Tracing
RFC 6427 (11/2011): MPLS Fault Management Operations, Administration, and Maintenance (OAM)
RFC 6428 (11/2011): MPLS Fault Management Operations, Administration, and Maintenance (OAM)
RFC 6435 (11/2011): MPLS Transport Profile Lock Instruct and Loopback Functions
RFC 6669 (07/2012): An Overview of the Operations, Administration, and Maintenance (OAM) Toolset for MPLS-Based Transport Networks
RFC 7276 (06/2014): An Overview of Operations, Administration, and Maintenance (OAM) Tools
ITU-T G.8113.1 (04/2016): Operations, administration and maintenance mechanisms for MPLS-TP networks
ITU-T G.8113.2 (08/2015): Operations, administration and maintenance mechanisms for MPLS-TP networks using the tools defined for MPLS
RFC 4427 (03/2006): Recovery (Protection and Restoration) Terminology for Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)
RFC 4428 (03/2006): Analysis of Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)-based Recovery Mechanisms (including Protection and Restoration)
RFC 6372 (09/2011): MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Survivability Framework
RFC 6378 (10/2011): MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Linear Protection
RFC 6718 (08/2012): Pseudowire Redundancy
RFC 7271 (06/2014): MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Linear Protection to Match the Operational Expectations of Synchronous Digital Hierarchy, Optical Transport Network, and Ethernet Transport Network Operators
RFC 7324 (07/2014): Updates to MPLS Transport Profile Linear Protection
RFC 4448 (04/2006): Encapsulation Methods for Transport of Ethernet over MPLS Networks
RFC 4553 (06/2006): (Structure-Agnostic Time Division Multiplexing (TDM) over Packet (SAToP))



С учетом международного опыта и исследований ООО «Юнител Инжиниринг», можно сделать следующие выводы:

1. Существует потенциальная возможность использования технологий пакетной коммутации (MPLS) для построения технологических сетей связи в электроэнергетике. Следует обратить особое внимание на организацию каналов связи для ДЗЛ.
2. Миграция к технологиям пакетной коммутации с использованием на переходный период гибридной (пакет+канал) сети приведет к увеличению капитальных, а возможно и операционных затрат. (10G, IEEE1588 и др.)
3. При переходе к технологиям пакетной коммутации энергокомпании как правило оставляют в работе существующую сеть TDM для бесперебойного функционирования наиболее критичных приложений, например РЗА.
4. Как можно более скорый переход к сетям с пакетной коммутацией при построении технологических сетей связи в электроэнергетике выгоден в первую очередь производителям и вендорам.

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ О ТЕХНОЛОГИЯХ И
ОБОРУДОВАНИИ ЧЕРЕЗ WWW.UNI-ENG.RU/КОНТАКТЫ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Офис:

111024, Москва, ул. 2-ая Кабельная д.2 стр.1,
Территория завода МКМ
Телефон: +7 (495) 651-99-98
E-mail: info@uni-eng.ru

Производство:

111024, Москва, ул. 2-ая Кабельная д.2 стр.1,
Территория завода МКМ
Телефон: +7 (495) 651-99-98
E-mail: info@uni-eng.ru