



Grupo de Estudo de Sistemas de Informação e Telecomunicação para Sistemas Elétricos-GTL

Projetos de Redes de Telecomunicações com Resiliência e Diversidade de Provedores para Geradoras e Transmissoras de Energia

CRISTIANO HENRIQUE FERRAZ*(1); EDUARDO CAMARGO LANGRAFE(1); LYNO HENRIQUE GONÇALVES FERRAZ(2);
Netcon Americas(1); WebRadar (2)

RESUMO

Empresas que operam linhas de transmissão de energia, parques eólicos e solares e plantas geradoras distribuídas necessitam conectar aplicações de gestão e operação dos sistemas e aplicações de comunicações corporativas e operativas entre localidades remotas e centros de controle e sedes operacionais, além de manter conexões de altíssima disponibilidade com o ONS.

Na maioria dos casos, precisam utilizar serviços de terceiros para montar parte de suas redes. A crescente automação do sistema eletroenergético exige uma quantidade crescente de pontos de presença, o suporte ao transporte de grandes quantidades de dados (inclusive vídeo) e uma latência mínima. As redes de comunicação apresentam requisitos de alta criticidade e resiliência, e a continuidade da operação em caso de falhas simples e até mesmo duplas.

As exigências de capacidade (transporte de grandes volumes de dados, voz e vídeo), baixa latência, flexibilidade de configuração, recuperação de falhas em tempo mínimo e resiliência tornam onerosos os contratos com os provedores de serviço, e nem sempre garantem a resiliência necessária, pois esta dependerá da resiliência que as redes e serviços subjacentes dos provedores de serviços possam oferecer em cada caso.

As novas necessidades fazem com que as empresas de energia busquem diversificar sua base de provedores de serviços de telecomunicações para obter ofertas competitivas de serviços, contar com uma resiliência aumentada ao usar recursos de comunicação de mais de um provedor de telecomunicações em cada localidade, e não depender dos termos de serviço de um provedor único.

Diante da evolução das tecnologias (principalmente, de serviços e redes baseados em pacotes) e tendo em vista as novas necessidades de diversidade, resiliência, garantia de banda e baixa latência, torna-se necessário reexaminar os critérios tradicionais e considerar o uso de redes estatísticas também para aplicações de missão crítica.

PALAVRAS-CHAVE

Resiliência, latência, automação, diversidade, APS, QoS, CoS

1.0 - INTRODUÇÃO

O novo modelo de diversidade de tecnologias de geração distribuída de energia elétrica, seja com a profusão de novos geradores de energia elétrica a partir de fontes renováveis (energia solar e eólica e microgeradores hidrelétricos com ou sem reservatório) ou com fontes não renováveis (gás natural, óleo, carvão e outros), seja com armazenamento distribuído de energia, impõe novos desafios ao controle e à segurança da interligação das

(*) Endereço Autor Responsável, Av. Marechal Câmara, 160 – sala 302 – CEP 20.020-080 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Tel: (+55 21) 3027-0207 – Cel: (+55 21) 99552-2626 – Email: cferraz@netconamericas.com.br

diversas fontes de energia com o sistema elétrico integrado. Isto implica que as necessidades de prover um suporte de telecomunicações que garantam a integridade, o controle e medições permanentes do sistema assim disperso, assim como a operação remota de subestações e plantas geradoras, tornam-se imperiosas. A situação torna-se ainda mais crítica quando se tem em conta que boa parte das instalações distribuídas não possuem pessoal de operação local, sendo operadas remotamente.

À necessidade de coordenação da maior intervenção do despacho de carga com o ligamento e desligamento de geradores e cargas distribuídas às linhas de transmissão somam-se novas medições (como a medição fasorial distribuída, medição de carga em tempo real para atender às necessidades impostas por funções inteligentes como a resposta à demanda e eficiência energética) e a operação desassistida de subestações (que, devido aos procedimentos de rede padronizados, requer, entre outras coisas, a verificação visual remota do estado de suas chaves seccionadores e disjuntores). Essa nova característica das redes elétricas impõe necessidades especiais de comunicação segura, resiliente, imediata e diversa em diferentes pontos da rede, assim como causa o incremento do tráfego de dados operativos da rede, inclusive para o uso de vídeo no suporte visual à operação.

O sucesso desse novo modelo depende essencialmente da disponibilidade e da resiliência das comunicações. Exige-se dos sistemas diversidade de meios e sistemas e a atuação da proteção automática da conectividade em poucos milissegundos, garantia de qualidade de serviço segundo critérios de garantia de banda, latência máxima tolerável e atendimento a classes de serviço críticas.

O presente Informe Técnico versa sobre as soluções para os novos problemas do setor elétrico evoluído.

2.0 - PREMISSAS

A problemática considerada neste estudo envolve três áreas principais:

- Comunicação para atender os procedimentos de rede do ONS;
- Comunicação para atender às redes corporativa e operativa da empresa, tanto para a coordenação da operação (comunicações vocais e de dados corporativos) quanto para dados de automação e controle e suporte à operação, entre estações remotas e centros de controle próprios integrados;
- Comunicação com dispositivos de medição e controle distribuídos em localidades externas aos terrenos da empresa.

Para cada caso, foram considerados casos de uso, as tecnologias disponíveis, a oferta de serviços de comunicações de terceiros e a necessária diversidade de serviços e de meios.

Fora do âmbito das redes locais baseadas estritamente em *switches* Ethernet e dos barramentos internos das subestações e usinas geradoras, que não faz parte do escopo do presente trabalho, é preciso contar com redes e serviços que possam garantir o atendimento aos requisitos de criticidade para o transporte de tráfego de voz, vídeo e dados, independentemente das tecnologias de rede subjacentes. As tecnologias atuais tendem a ter a convergência das comunicações sobre Ethernet, inclusive das comunicações vocais (voz sobre IP sobre Ethernet) e sinais digitais determinísticos com velocidade binária constante, e demandam a necessária Qualidade de Serviço (QoS) e suporte às Classes de Serviço (CoS) determinadas, cumprindo com as respectivas exigências.

O transporte de quadros Ethernet pode ser oferecido sobre redes determinísticas (E1, SDH, OTN) e de modo nativo sobre switches Ethernet ou sobre redes que oferecem serviços de conectividade de nível mais alto (IP-MPLS ou IP). Em todos os casos, os serviços de transporte de quadros Ethernet devem cumprir com os requisitos de CoS e QoS demandados pelas aplicações, o que implica ser necessário projetar (no caso de redes próprias) ou conhecer (no caso de redes e serviços de terceiros) as características das arquiteturas e tecnologias de redes de suporte para garantir que redes estatísticas operem de forma a assegurar o atendimento a serviços críticos, em tempo real, com comutação automática de proteção em tempo inferior a 50ms, com garantia de banda e com latência máxima compatível com as demandas do serviço.

Tradicionalmente, serviços que exigem alta disponibilidade, garantia de banda, baixíssimo retardo e proteção automática em menos de 50 ms eram atendidos por redes determinísticas (utilizando PDH (Hierarquia Digital Plesiocrona) ou SDH (Hierarquia Digital Síncrona) e, mais recentemente, OTN (Rede Óptica de Transporte)) ou

(*) Endereço Autor Responsável, Av. Marechal Câmara, 160 – sala 302 – CEP 20.020-080 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Tel: (+55 21) 3027-0207 – Cel: (+55 21) 99552-2626 – Email: cferraz@netconamericas.com.br

conexões físicas, visto que as tecnologias de redes estatísticas (baseadas em multiplexadores e comutadores Ethernet e MPLS/IP) não eram capazes de atender à demanda de garantia dessas características.

Com o surgimento de novas tecnologias que introduzem critérios de suporte a QoS que incluem a priorização de tráfego crítico (tecnologias de serviço diferenciado), reserva de recursos com rejeição da possibilidade de constituição de conexões virtuais críticas quando não estejam disponíveis recursos suficientes ao longo de toda a conexão (tecnologias de serviços integrados com a função de controle de admissão de conexões ou fluxos de tráfego garantidos), e mecanismos de proteção automática em poucos milissegundos (APS, Comutação Automática de Proteção), passou a ser possível utilizar redes estatísticas, particularmente redes Ethernet, como redes de suporte para aplicações críticas.

O problema não é resolvido apenas com a adoção de determinadas tecnologias da rede subjacentes. É preciso atender a padrões que descrevem serviços e classes de serviços, interfaces, interconexões em redes de suporte heterogêneas em tecnologia, fabricantes e até mesmo operadoras. O conjunto de padrões do MEF (antigo *Metro Ethernet Forum*, hoje simplesmente MEF) para *Carrier Ethernet* (CE) 2.0 define interfaces de serviço Ethernet com suporte a CoS (classes de serviço) diversas, que permitem suportar todos os serviços críticos que até hoje utilizavam preferivelmente redes determinísticas, e realizar todo tipo de conexões de rede. Contudo, não todas as CoS serão universalmente (ou seja, em todas as redes e equipamentos e interfaces de rede) suportadas com a QoS necessária nos serviços públicos e nas redes privadas. Ao contratar serviços ou projetar redes é preciso garantir que esteja disponível o suporte às Classes de Serviço às quais pertencem os dados críticos do cliente do setor elétrico ao longo de todo o caminho das conexões. Esta é a árdua tarefa dos engenheiros de telecomunicações que escolhem ou projetam as interconexões.

2.1 Considerações quanto à implantação

Para a implantação, na prática, é preciso estudar as soluções para cada um dos três âmbitos de aplicação citados no item anterior.

É preciso que os engenheiros e técnicos envolvidos na especificação dos projetos e dos equipamentos e na especificação, análise e seleção de serviços de terceiros também sejam dotados dos conhecimentos tanto da demanda das aplicações quanto dos detalhes da tecnologia para garantir que as redes projetadas e os serviços contratados sejam adequados.

Além disso, é preciso contar com processos de auditoria e verificação do atendimento aos padrões nas redes já instaladas. Para tanto, é necessário contar com ferramentas e procedimentos de medição e com critérios claros de avaliação.

Finalmente, durante a operação normal das redes e serviços, é preciso contar com sistemas de gerenciamento de desempenho e de falhas que tornem evidente o atendimento aos acordos de nível de serviço (SLAs – *Service Level Agreements*), incluindo os critérios de disponibilidade, de diversidade e de resiliência.

O Sistema de Telecomunicações a ser implantado deverá atender, no mínimo, os Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) relacionados a seguir (mesmo quando o sistema não faz parte do Sistema Integrado Nacional, é aconselhável seu planejamento segundo esses mesmos critérios, devido a sua criticidade):

- Procedimentos de Comercialização do CCEE, submódulo 2.1 - Coleta e ajuste de dados de medição;
- Procedimentos de Rede do ONS, submódulo 2.3 - Requisitos mínimos para transformadores e para subestações e seus equipamentos;
- Procedimentos de Rede do ONS, submódulo 2.6 – Requisitos mínimos para os sistemas de proteção e de telecomunicações;
- Procedimentos de Rede do ONS, submódulo 12.2 - Instalação do Sistema de Medição para Faturamento;
- Procedimentos de Rede do ONS, submódulo 12.4 - Leitura de medição para faturamento;
- Procedimentos de Rede do ONS, submódulo 13.2 - Requisitos de Telecomunicações;
- Procedimentos de Rede do ONS, submódulo 13.4 - Manutenção dos serviços de telecom que atendem às necessidades do Sistema Interligado Nacional.

(*) Endereço Autor Responsável, Av. Marechal Câmara, 160 – sala 302 – CEP 20.020-080 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Tel: (+55 21) 3027-0207 – Cel: (+55 21) 99552-2626 – Email: cferraz@netconamericas.com.br

2.1.1 Requisitos para canais de comunicação de voz e dados

Os meios de comunicação para voz e dados deverão atender aos requisitos de qualidade e disponibilidade descritos a seguir, conforme a aplicação definida nos itens deste Projeto Básico:

- Serviço Classe A: igual ou superior a 99,98%, apurada mensalmente e tendo como valor de referência o somatório dos últimos 12 meses;
- Serviço Classe B: igual ou superior a 99,00%, apurada mensalmente e tendo como valor de referência o somatório dos últimos 12 meses;
- Serviço Classe C: igual ou superior a 95,00%, apurada mensalmente e tendo como valor de referência o somatório dos últimos 12 meses.
- Circuitos de voz analógicos:
 - Nível de sinal: ± 3 dB de variação em relação ao nível nominal;
 - Nível de ruído admissível: ≤ 40 dBm0.
- Circuitos de dados analógicos:
 - Nível de sinal: ± 3 dB de variação em relação ao nível nominal;
 - Nível de ruído admissível: ≤ 40 dBm0;
 - Taxa de erro: ≤ 50 bits/milhão, sem código de correção de erros, com sequência pseudoaleatória em teste com duração de 15 minutos.
- Circuitos de voz ou de dados digitais:
 - Taxa de erro 0 (zero), em pelo menos uma dentre três medidas realizadas, com duração de 15 minutos cada uma e utilizando uma sequência pseudoaleatória.

2.1.2 Considerações sobre o atendimento aos procedimentos de rede do ONS

O sistema de telecomunicações deverá suportar todas as necessidades de comunicações de voz operativa e corporativa, proteção, supervisão e controle elétrico, controle de emergência, supervisão de telecomunicações das novas instalações de transmissão, a partir de cada subestação junto à geração, e desta ao Centro de Operação de Transmissão (COT) e Centro de Operação de Sistema (COS).

2.1.3 Requisitos para a supervisão do sistema de telecom

Os equipamentos de telecomunicações deverão ser supervisionados local (em cada localidade) e remotamente (no Centro de Operação de Transmissão), devendo alarmar, nas instalações, anomalias dos principais equipamentos de telecomunicações, incluindo os equipamentos de suprimento de energia.

Os equipamentos digitais deverão possuir telessupervisão e permitir gerenciamento, autodiagnóstico e configuração remotos.

A empresa concessionária do empreendimento será responsável pela total operacionalização dos enlaces de comunicação incluindo a infraestrutura necessária para implantação do sistema de telecomunicações, tais como: edificações (Casa de Comando, Casa de Relés, etc.), alimentação de corrente contínua (Retificador -48 Vcc/baterias), bem como qualquer outra infraestrutura (rede local) que se identificar necessária para a plena funcionalidade do sistema de telecomunicações.

Uma função necessária é a disponibilização das bases de dados de gestão (MIBs) SNMP dos elementos de rede de interconexão para o acesso pelo ONS.

A empresa concessionária será responsável pela manutenção dos índices de qualidade e de disponibilidade dos canais de voz e dados que se interligam com o Centro de Operação Regional do ONS.

Em caso de indisponibilidade programada de quaisquer canais de voz ou dados de interesse do ONS, a empresa deverá manter entendimentos com o Centro de Operação deste agente, para obter a aprovação do serviço solicitado em data e horário convenientes, conforme procedimentos estabelecidos no submódulo 13.4 dos Procedimentos de Rede do ONS.

(*) Endereço Autor Responsável, Av. Marechal Câmara, 160 – sala 302 – CEP 20.020-080 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Tel: (+55 21) 3027-0207 – Cel: (+55 21) 99552-2626 – Email: cferraz@netconamericas.com.br



XXV SNPTTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

4847
GTL/20

Será de responsabilidade do ONS disponibilizar para a empresa as informações sobre a avaliação de desempenho dos serviços de telecomunicações sob sua responsabilidade, conforme procedimentos estabelecidos no submódulo 13.5 dos Procedimentos de Rede do ONS.

Outra importante questão quanto à implantação de redes e serviços de telecom é a verificação do cumprimento de Acordos de Nível de Serviço (SLAs), com a análise de desempenho e de falhas na rede de comunicação. Essa análise deve ser realizada com o uso de ferramentas e sistemas adequados, que garantam a cobertura e a apresentação de relatórios relevantes. A apresentação de informações relevantes torna-se um desafio devido ao grande volume de dados gerados dos diversos equipamentos tais como dispositivos de medição inteligentes, unidades de medição fasorial, e os próprios equipamentos de rede. Assim, o sistema de gerenciamento de desempenho e de falhas deve capturar a grande massa de dados e extrair informações relevantes para a apresentação de relatórios.

Um exemplo de solução é o *Network Analytics* desenvolvido pela Webradar. Com o *Network Analytics* é possível a configuração de indicadores de desempenho para qualquer dado capturado. Com este recurso, é possível a criação de relatórios de desempenho de equipamentos individuais, assim como relatórios com informações agregadas que agrupem informações de diversos dispositivos. Um exemplo de relatório de desempenho é representado na Figura 1. É ainda possível gerar relatórios para os indicadores de desempenho que façam uma previsão de quando o indicador atingirá níveis críticos.

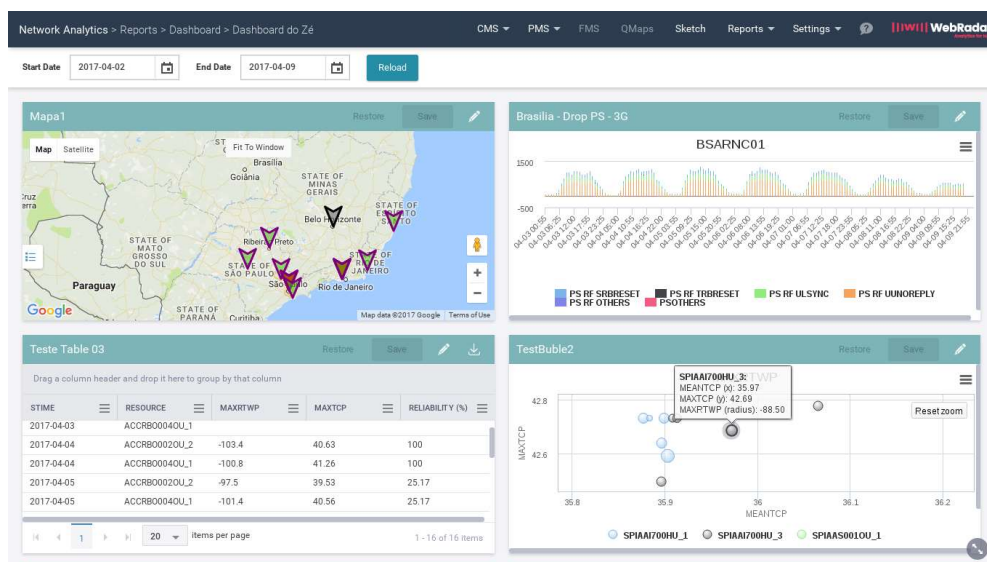


Figura 1. Exemplo de relatório de indicadores de desempenho apresentado pela solução *Network Analytics* da Webradar.

Além da geração de relatórios de indicadores de desempenho, é possível a geração de relatórios que indiquem o estado de configuração dos equipamentos, para realizar um ajuste fino nos parâmetros para o melhor funcionamento geral da rede.

2.1.4 Requisitos para teleproteção

A empresa deve atender ao item 8.1. do Submódulo 2.6 - Revisão 2016.12 dos Procedimentos de Rede Para assegurar o atendimento ao item 8.1.8, que trata de uso de meios físicos distintos, deve ser previsto no projeto a completa independência entre equipamentos de teleproteção (repetidoras, SDH/PDH, multiplex, caixas de emenda, etc.) utilizados para a proteção principal e para a proteção alternada. Especialmente, os equipamentos de teleproteção que servem à proteção principal e os que servem à alternada não podem compartilhar nenhum elemento em seus painéis, tais como o “rack”, “backplane”, placas de comutação de alimentação, etc.

- Não serão aceitas soluções de teleproteção que envolvam transmissão via rádio micro-ondas ou que utilizem canais de comunicação comerciais;
- Para o atendimento dos itens 8.1.8 e 8.1.9 do Submódulo 2.6, para cada uma das proteções (principal e alternada), será aceito o uso de apenas 1 equipamento OPLAT para emissão dos sinais de teleproteção por duas fases diferentes, desde que seja provido de canais codificados.

2.1.5 Requisitos para serviços de comunicação de voz

A empresa deve prover um sistema de comunicação full duplex, com sinalização sonora e visual para comunicação operativa do sistema elétrico em tempo real.

2.1.5.1 Entre subestações adjacentes

- Serviço de telefonia para comunicação de voz ponto a ponto (tipo direto, sem comutação telefônica) e apresentando, no mínimo, Classe B;
- Serviço de telefonia para comunicação de voz, podendo ser discado via sistema de telefonia comutada e apresentando, no mínimo, Classe C.

(*) Endereço Autor Responsável, Av. Marechal Câmara, 160 – sala 302 – CEP 20.020-080 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Tel: (+55 21) 3027-0207 – Cel: (+55 21) 99552-2626 – Email: cferraz@netconamericas.com.br

2.1.5.2 Com Centros de Operação da própria empresa (COT e COS)

Considerando que a operação das instalações de transmissão será realizada a partir do Centro de Operação de Transmissão (COT) caracterizado como Centro de Operação Local e o Centro de Operação de Sistema (COS), que funcionará como "centro back-up" do COT, o sistema de telecomunicações deverá disponibilizar:

- a) Entre os Centros de Operação da empresa e as subestações envolvidas
 - a. Serviço de telefonia para comunicação de voz ponto a ponto (tipo direto, sem comutação telefônica) e apresentando, no mínimo, Classe B
 - b. Serviço de telefonia para comunicação de voz, podendo ser discado via sistema de telefonia comutada e apresentando, no mínimo, Classe C
- b) Entre os Centros de Operação da empresa e os Centros de Operação das demais concessionárias que detenham concessão de equipamentos/instalações de fronteira com o empreendimento;
 - a. Serviço de telefonia para comunicação de voz ponto a ponto (tipo direto, sem comutação telefônica) e apresentando, no mínimo, Classe A. Em decorrência da alta disponibilidade exigida, o serviço Classe A, normalmente, é um serviço prestado com recursos de telecomunicações disponibilizados através de duas rotas distintas e independentes
- c) Entre os Centros de Operação da empresa e o Centro Regional de Operação do ONS, responsável pela operação da região de instalação do empreendimento:
 - a. Serviço de telefonia para comunicação de voz ponto a ponto (tipo direto, sem comutação telefônica) e apresentando, no mínimo, Classe A. O serviço Classe A, com o(s) Centro(s) Regional(is) de Operação do ONS, deve ser prestado com recursos de telecomunicações disponibilizados através de duas rotas distintas e independentes

2.1.6 Outros

Adicionalmente, deverá ser fornecido um sistema de comunicação móvel (comunicação de voz) que possa cobrir toda a extensão das linhas de transmissão e as subestações envolvidas, para apoio às equipes de manutenção em campo.

Para comunicação com os centros de operação do ONS, responsáveis pela operação da região de instalação do empreendimento, e Centros de Operação das demais concessionárias que detenham concessão de equipamentos/instalações de fronteira com o empreendimento, a empresa deve dispor de serviço de telefonia comutada Classe C, no mínimo, em seu centro de operação local próprio ou contratado para suporte às atividades das áreas de normatização, pré-operação, pós-operação e apoio e coordenação dos serviços de telecomunicações.

Para comunicação com o escritório central do ONS, a empresa deve dispor de serviço de telefonia comutada Classe C, no mínimo, em seu centro de operação local próprio ou contratado para suporte às atividades das áreas de planejamento e programação da operação.

Outros temas que devem ser atendidos incluem a necessidade de atender:

- Requisitos para transmissão de dados para supervisão e controle;
- Requisitos para transmissão de dados para registro de perturbação;
- Recursos de comunicação de dados para a rede de medição sincrofásorial;
- Videomonitoramento para vigilância patrimonial;
- Videomonitoramento para suporte à operação desassistida de subestações e usinas geradoras.

Cabe ressaltar que o videomonitoramento para suporte à operação desassistida permite, nos sistemas mais atuais, a parametrização de imagens, que permite que a posição correta das chaves seccionadoras seja detectada por um processo heurístico que aprende, a partir da observação de imagens reais das posições validadas inicialmente por agentes humanos, as posições corretas de fechamento e abertura das chaves. Assim sendo, a avaliação das posições pode ser executada diretamente em campo sem intervenção humana, o que reduz a taxa de transferência de imagens ao vivo de campo para os centros de gestão e controle e, naturalmente, torna desnecessário o deslocamento de equipes a campo. A validação automática, uma vez feita pelo processo de Inteligência Artificial (IA), será documentada por imagens das chaves em sua respectiva

posição uma vez terminado o processo de avaliação, e poderá, adicionalmente, ser revalidada visualmente pelos agentes humanos remotos.

2.2 Planejamento das redes e serviços – conclusões e recomendações

Nossa equipe desenvolveu diversos projetos reais ao longo dos últimos anos, muitos dos quais já estão realizados e em pleno funcionamento, e testou várias soluções para casos reais. O trabalho envolveu uma pesquisa de soluções disponíveis, cuja discussão detalhada foge ao escopo desta Informação Técnica. Algumas conclusões gerais, entretanto, podem ser resumidas aqui.

Desse trabalho resultaram algumas conclusões e recomendações:

- a) Para comunicações de voz e dados, a banda demandada hoje em dia pode alcançar valores de 10 Mbit/s até 100 Mbit/s, segundo o caso;
- b) Todas as comunicações de voz devem ser suportadas por IP (VoIP);
- c) A introdução da medição de sincrofasores não tem impacto relevante na demanda de banda;
- d) Todas as comunicações podem dar-se sobre redes estatísticas oferecendo o transporte de quadros Ethernet na modalidade de conexões em VLANs com dois ou mais pontos conectados;
- e) As redes utilizadas são agnósticas com respeito à tecnologia de suporte; entretanto, os serviços são prestados de forma mais natural caso as redes de suporte estejam constituídas por switches de camada 2 (Ethernet), pois isto reduz o processamento e as sucessivas encapsulações de quadros Ethernet em outros protocolos de nível superior ou inferior, o que resulta em melhor desempenho, menores custos de implantação e menores retardos;
- f) Nem todos os serviços requeridos podem ser suportados por todas as redes, mesmo as que se anunciam como suportando Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0), pois não há obrigatoriedade de atendimento a todas as CoS descritas nos padrões (torna-se necessário projetar ou especificar com muito cuidado para certificar-se de que as classes de serviço desejadas estejam sendo atendidas nas redes reais);
- g) É preciso exigir que os dispositivos de interconexão (demarcadores) tornem disponíveis suas bases de dados de gestão (MIBs) relativas aos parâmetros monitorados e que estas sejam abertas e disponibilizadas para acesso tanto pela empresa quanto pelo ONS;
- h) Os novos satélites HTS (*High Throuput Satellites*) proveem banda suficiente para atender à demanda das aplicações, e constituem uma excelente opção para a interconexão em locais onde não houver outras alternativas ou para proporcionar a necessária diversidade de conexões;
- i) Os satélites HTS atuais que cobrem o Brasil estão em órbitas geoestacionárias (GEO) e oferecem um retardo de 600 ms; há pelo menos 5 operadores desses satélites e diversos comercializadores em condições competitivas, o que torna seu custo atraente;
- j) Há um satélite em órbita intermediária (MEO), que tem um retardo de 130 a 135 ms, mas com um modelo de negócio que envolve estações terrenas próprias conectadas aos clientes por fibras ou rádio, visando ao mercado de ISPs e empresas remotas, com pouca probabilidade de atender às empresas do setor elétrico isoladamente;
- k) Novas constelações de satélites em órbita baixa (LEO) estarão operando brevemente; o sistema Telesat entrará em operação em 2021, e o Starlink está previsto para 2024; estes representarão alternativas mais atraentes do que os atuais serviços por satélites GEO com salto simples ou duplo salto, e contarão com menor custo, estações terminais simples e econômicas com antenas planas, retardo de 30 a 50 ms – dependendo do número de satélites atravessados pela conexão – e com alta disponibilidade de banda e baixo custo.
- l) Hoje já não há necessidade de utilizar redes determinísticas para o suporte de telecomunicações, porque as redes com serviços CE 2.0 já suportam a CoS e a QoS demandadas pelo setor elétrico;
- m) A proteção elétrica continuará a empregar sistemas de transmissão tradicional, inclusive com OPLAT;
- n) O planejamento e projeto das redes próprias e a especificação detalhada e correta dos serviços contratados é essencial para atender aos requisitos técnicos e evitar surpresas e custos adicionais.

Portanto, ao definir as funções da rede utilizada no transporte de tráfego entre as subestações e o mundo exterior às mesmas, é altamente conveniente conhecer as funções e tecnologias de redes estatísticas, particularmente de serviços CE 2.0, e projetar as redes e especificar os dispositivos com a finalidade de poder implementar os respectivos serviços sem percalços.

(*) Endereço Autor Responsável, Av. Marechal Câmara, 160 – sala 302 – CEP 20.020-080 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Tel: (+55 21) 3027-0207 – Cel: (+55 21) 99552-2626 – Email: cferraz@netconamericas.com.br

2.3 Breve tutorial de serviços Carrier Ethernet

Os serviços *Carrier Ethernet* definidos nos padrões baseiam-se em Conexões Virtuais Ethernet (EVCs), que podem ser ponto a ponto ou ponto a multiponto. A partir dessas conexões virtuais, constituem-se três famílias de serviços: serviços ELine (e EVLine); serviços ELAN (e EVLAN) e serviços ETree. A letra V refere-se à virtualização de múltiplas conexões lógicas em uma mesma interface física, ou seja, à capacidade de uma interface poder suportar apenas uma instância de serviço (caso de ELine e ELAN) ou várias instâncias de serviço (EVLine e EVLAN), diferenciadas entre si por etiquetas de nível 2.

A rigor, uma EVC constitui uma relação de tráfego entre duas interfaces de rede (caso de EVC ponto a ponto) ou entre uma e várias outras interfaces de rede (caso de EVC ponto a multiponto). Os serviços mencionados são implementados mediante a constituição de EVCs entre interfaces.

Por exemplo, uma rede determinística como a SDH somente admite construir conexões ponto a ponto. Já uma rede IP/MPLS permite constituir conexões ponto a ponto, ponto a multiponto e multiponto a multiponto. Redes Ethernet são inerentemente redes *broadcast*; portanto, essas redes suportam conexões multiponto a multiponto. Nas redes Ethernet, mediante o uso de etiquetas de camada 2, podem ser constituídas VLANs, que incluam desde apenas duas interfaces com possibilidade de comunicação (uma EVC ponto a ponto) ou várias (EVC multiponto).

Portanto, para poder suportar a gama total de conexões virtuais utilizadas pelos serviços Carrier Ethernet, a tecnologia candidata é Ethernet subjacente, ou MPLS subjacente. Redes SDH ou DWDM ou OTN somente permitem construir conexões ponto a ponto; logo, são adequadas para suportar serviços do tipo ELine, mas não outros serviços.

Os serviços Carrier Ethernet 2.0 introduziram uma nova funcionalidade: além da multiplexação de serviços (correspondente ao “V” de EVLAN e EVLine) na mesma interface, CE2.0 inclui o suporte a Classes de Serviço (CoS) e Qualidade de Serviço (QoS). Isto significa que é possível negociar com a rede uma banda garantida, um perfil de tráfego, e um perfil de retardo e variação de retardo além da simples conectividade.

Os perfis de QoS são padronizados, e podem ser sinalizados entre o usuário e a rede e entre redes – seja através de fronteiras internas de rede ou fronteiras externas.

O importante de notar, com respeito ao ambiente do setor elétrico, é que com a implantação dos perfis adequados (todos eles já definidos e padronizados pelo MEF CE2.0) é possível constituir conectividade através de redes estatísticas que atendam aos critérios e exigências do setor elétrico. Ou seja, é possível construir uma instância de serviço com retardo (latência) comparável a uma conexão ponto a ponto determinística, com uma banda garantida suficiente para os picos de tráfego (e que pode até mesmo exceder a esse limite em períodos curtos), dotada de proteção fim a fim com comutação automática em menos de 50 ms e com relatórios de Acordos de Nível de Serviço (SLAs) obtidos de medições e monitoramento efetuados sobre as conexões virtuais reais.

3.0 - CONCLUSÃO

A preparação dos profissionais de telecomunicações das empresas elétricas exige um conhecimento amplo de toda a problemática e necessidades atuais e futuras. Para desempenhar adequadamente as funções de engenharia, operação, especificação, projetos e avaliação de projetos, os profissionais devem estar plenamente capacitados com respeito aos novos conceitos e tecnologias.

É essencial poder projetar (e avaliar projetos de) redes de forma correta, e especificar corretamente os equipamentos e dispositivos para que possam atender às necessidades atuais e futuras.

No Informe Técnico detalham-se alguns dos processos envolvidos, as dificuldades encontradas e os resultados obtidos ao longo da experiência prática dos autores com redes reais já implementadas e em operação e novas redes projetadas.

(*) Endereço Autor Responsável, Av. Marechal Câmara, 160 – sala 302 – CEP 20.020-080 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Tel: (+55 21) 3027-0207 – Cel: (+55 21) 99552-2626 – Email: cferraz@netconamericas.com.br

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Novas Tecnologias Internet (autores António José Figueiredo Enne, Bruno Wanderley e Cristiano Henrique Ferraz, Editora Elsevier – Brasil, 2017).
- (2) Carrier Ethernet – Padrões MEF, Serviços e Aplicações (autores António José Figueiredo Enne, Bruno Wanderley e Cristiano Henrique Ferraz – Brasil, 2018).
- (3) Padrão IEC/IEEE 61850-9-3:2016
- (4) Padrão IEEE C37-238-2011
- (5) Padrão IEEE 1588v2
- (6) Procedimentos de Rede do ONS
- (7) Especificações Técnicas de Licitações e diversos projetos de atendimento realizados pela Netcon para os ganhadores dos lotes leiloados;
- (8) ITU-T L.1502 – *Best practices for infrastructure adaptation to climate change* (ITU-T);
- (9) Diversas outras fontes cuja inclusão nesta curta bibliografia a tornaria demasiado extensa para fins deste Informe Técnico.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Cristiano Henrique Ferraz é engenheiro de telecomunicações (UFF, 1978) e trabalha na Netcon Consultoria e Engenharia, no Rio de Janeiro, e na Netcon LLC, em Miami, Flórida, USA, como *Chief Technology Officer*.

Eduardo Camargo Langrafe é engenheiro de sistemas com especializações em segurança, modelo eTOM, certificações Cisco, MBA da FGV e diversas outras especializações e trabalha como Diretor de Operações na Netcon Consultoria e Engenharia, no Rio de Janeiro, e na Netcon LLC, em Miami, Flórida, USA.

Lyno Henrique Gonçalves Ferraz é engenheiro eletrônico e de computação (UFRJ, 2010) e Doutor em Redes (UFRJ/École Polytechnique, Université de Paris, 2015), e trabalha na Webradar, Rio de Janeiro, como desenvolvedor de aplicativos de análise de desempenho de redes.

(*) Endereço Autor Responsável, Av. Marechal Câmara, 160 – sala 302 – CEP 20.020-080 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Tel: (+55 21) 3027-0207 – Cel: (+55 21) 99552-2626 – Email: cferraz@netconamericas.com.br