XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

CB/GTL/13

GRUPO – XV

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS- GTL

CUIDADOS E VANTAGENS DO USO DE SERVIÇOS CARRIER ETHERNET EM OPERADORAS DO SETOR ELÉTRICO

Cristiano Henrique Ferraz
NETCON CONSULTORIA

Lyno Henrique G. Ferraz
WEBRADAR

Ewerton Figueirôa
NETCON LTDA.

RESUMO

O uso de tecnologias de pacotes nas redes de transporte flexibiliza e torna mais econômicas as redes de telecomunicações. Por outro lado, as tecnologias de pacotes são baseadas em multiplexação estatística (em lugar de determinística), que para redes de missão crítica trazem uma preocupação com respeito à capacidade de suportar de forma absolutamente confiável e garantida as exigências estritas desse tipo de rede. Essas exigências dizem respeito à latência da transmissão, à variação da latência, à disponibilidade da banda necessária, à capacidade de suportar a transmissão de sinais de sincronismo de fase, tempo e frequência, e à capacidade de comutação automática de proteção em tempos inferiores a 50 milissegundos.

Entretanto, essa preocupação já foi dissipada. O desenvolvimento de funcionalidades como a comutação automática de proteção, garantia de qualidade de serviço, funções de Operação, Administração e Manutenção (OAM), dispositivos e redes de baixo retardo, transparência para vários tipos de tráfego, entre outras, permitiu o uso cada vez maior de redes estatísticas no suporte de tráfego de missão crítica em tempo real. Além disso, o uso cada vez maior das interfaces Ethernet nos dispositivos de proteção e controle e a disseminação de redes de transporte de tráfego Ethernet, tanto para uso local dentro das subestações e usinas quanto nas redes de transporte em distâncias maiores sobre fibras ópticas e radiofrequências, torna necessário reexaminar os critérios tradicionais e considerar o uso de redes estatísticas também para aplicações de missão crítica.

PALAVRAS-CHAVE

Carrier, Ethernet, CE2.0, latência, Smart, Grid, APS, QoS, CoS

1.0 - INTRODUÇÃO

Os padrões Ethernet sofreram importantes modificações ao longo dos últimos anos, e passaram a acomodar novas tecnologias que tornam seu uso perfeitamente adequado para as mais diversas aplicações em redes locais e até mesmo de longa distância. O uso dessas tecnologias permite que redes Ethernet atendam aos requisitos mencionados. Para garantir que os serviços cumpram com exigências estritas, é necessário garantir que as redes sejam projetadas de maneira a atender essas exigências.

Alta disponibilidade, proteção automática da conectividade em poucos milissegundos, garantia de qualidade de serviço segundo critérios de garantia de banda e latência máxima são novas características que permitem que o serviço de transporte em redes Ethernet projetadas para usos críticos seja comparável ao transporte em redes determinísticas em termos de disponibilidade, latência e atendimento a classes de serviço críticas.

(*) Endereço Autor Responsável, n˚ 000 – sala X 00 - Bloco X – CEP 99.999-999 Cidade, Sigla Estado, – Brasil
Tel: (+55 XX) XXXX-XXXX – Fax: (+55 XX) XXXX-XXXX – Email: nononono@nonono.non.br

Um ponto crítico na garantia do atendimento às necessidades de Qualidade de Serviço (QoS – *Quality of Service*) das várias Classes de Serviço (CoS – *Classes of Service*) era a padronização dos tipos e parâmetros dos serviços (particularmente em termos de banda, latência, proteção automática, para assim ter claramente definidas as características dos serviços de conectividade para o atendimento aos requerimentos dos sistemas críticos.

1) Outro ponto importante era a definição das interfaces de usuário (UNI, *User-Network Interface*) e entre dispositivos de rede internas à rede ou entre redes distintas (INNI – *Internal Node-to-Node Interface* -- e ENNI – *External Node-to-Node Interface*) para permitir a interoperabilidade de maneira objetiva, sem prejuízo do suporte à QoS pretendida, nas conexões completas. Dessa padronização encarregou-se o MEF (antes chamado *Metro Ethernet Forum*, agora simplesmente MEF).

O presente Informe Técnico versa sobre a aplicação destas novas tecnologias, padrões e critérios ao setor elétrico.
.

2.0 - PREMISSAS

Fora do âmbito das redes locais baseadas estritamente em *switches* Ethernet, é preciso continuar a garantir o atendimento aos mesmos requisitos de criticidade para o transporte de tráfego Ethernet, independentemente das tecnologias de rede subjacentes.

Novas tecnologias de redes de suporte, incluindo as novas tecnologias de redes Ethernet e MPLS, permitem que redes estatísticas operem de forma a garantir o atendimento a serviços críticos, em tempo real.

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 ou SDH) ou conexões físicas, visto que as tecnologias de redes estatísticas (como Ethernet e MPLS/IP) não eram capazes de atender a demanda de garantia dessas características.

Com o surgimento de novas tecnologias que introduzem critérios de suporte a QoS com a priorização de tráfego crítico (tecnologias de serviço diferenciado), reserva de recursos com rejeição da possibilidade de constituição de conexões virtuais críticas quando recursos não estejam disponíveis 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), 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. O *MEF Forum* (antes chamado *Metro Ethernet Forum*) trata desse problema ao definir de forma clara os serviços Ehternet com que os clientes possam contar e que as redes devem poder suportar, assim como as interfaces de rede (tanto as interfaces entre usuário e rede – UNI – quanto entre redes – NNI), os sinais de OAM (operação, administração e controle), a arquitetura das redes, e o suporte a diversos tipos de tráfego com diferentes exigências e diversas classes de serviço – inclusive a emulação de circuitos bit-transparentes de velocidade binária constante.
O conjunto de padrões do 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.

3.0 - CONSIDERAÇÕES QUANTO À IMPLANTAÇÃO

Para a implantação na prática, não basta definir as tecnologias a serem usadas, é preciso definir quais serviços devem ser suportados, especificar os dispositivos de rede e garantir que estes dispositivos atendam aos critérios do MEF para CE 2.0, e garantir que as redes e arquiteturas adotadas atendam a esses critérios.

É preciso que os engenheiros e técnicos envolvidos na especificação dos projetos e dos equipamentos também sejam certificados em CE 2.0 para garantir que as redes projetadas e os equipamentos selecionados sejam os 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 Agreement*).

3.1 Considerações sobre o barramento de estação

Um dos primeiros passos para a evolução de subestações para digitais ou subestações inteligentes é a automação das subestações, que exige a instalação de redes locais baseadas em Ethernet com alta disponibilidade de banda, baixa latência e baixo retardo. Esses critérios são contemplados pelos padrões IEC 61850, que recomendam arquiteturas adequadas de alta disponibilidade garantida por meios e dispositivos de rede redundantes, caminhos redundantes na rede e recuperação automática em caso de falha de meios (fibras ópticas) ou dispositivos e interfaces em tempos inferiores a 50 ms.

A garantia de baixos retardos (baixa latência do tráfego) é dada pelos critérios de projeto, que evitam o cascateamento de *switches*, e evitam também a formação de filas nos *switches*, com a disponibilidade de banda superior à demandada por picos de tráfego, com a adoção de *switches* com alta capacidade de processamento e despacho de pacotes Ethernet (*forwarding backplane* de alta capacidade e processadores rápidos) que atendam ou mesmo superem à velocidade de linha das interfaces (*wire speed*).

As novas redes LAN dentro das subestações, para atender a esses critérios, são estratificadas em barramentos hierárquicos (*station bus* – barramento de estação – e *process bus* – barramento de processos), que interconectam os três níveis de dispositivos (*station level*, *bay level* e *process level*)

No nível do barramento de processos, encontram-se os dispositivos de entrada e saída e *merging units* (MUs). Normalmente a quantidade de dispositivos conectados a um *switch* é pequena, e não há cascateamento de *switches* entre esses dispositivos e aqueles que se encontram no nível de *bay*.

O nível de *bay* inclui dispositivos inteligentes (IEDs) que coletam os dados das medições efetuadas pelos dispositivos no nível de processos e os processam localmente e tomam decisões de controle localmente ou os transmitem, através do barramento de estação, a outros IEDs ou os enviam ao sistema de controle (SCADA) da subestação.

No nível de estação encontram-se os servidores de automação e controle (SCADA) e as Interfaces Homem-Máquina (IHM) e os operadores humanos (caso estejam presentes no local). A Figura 1 mostra a arquitetura dos barramentos de uma subestação.

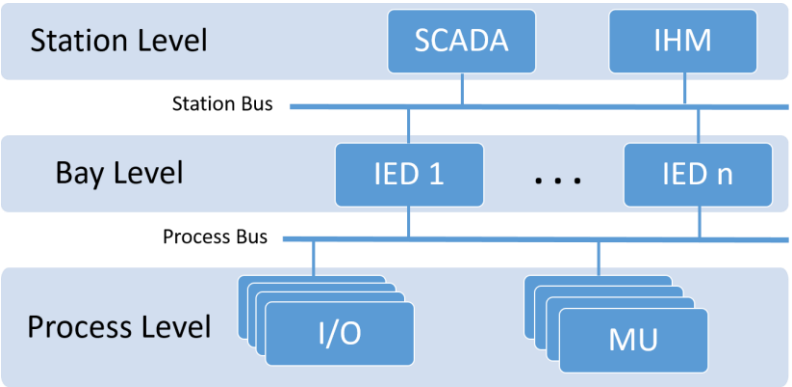

Figura 1 – A arquitetura de uma subestação em barramentos garante baixos retardos de transmissão junto com o provisionamento de banda superior a demanda dos elementos de rede.

O barramento de estação atende, portanto, aos dispositivos do nível de *bay* em toda a subestação. Trata-se de uma LAN óptica, constituída por anéis redundantes e com *switches* ao longo do pátio da subestação. Em subestações grandes, o tráfego entre os dispositivos do nível de *bay* e do nível de estação pode ter que cruzar mais de um switch desses anéis ópticos. Entretanto, o retardo é minimizado pela limitação do número de switches no anel (critério de projeto) e pela alta disponibilidade de banda (que excede ao volume de pico demandado mesmo em curtíssimo prazo) e pela capacidade do *backplane* dos switches (que permite a transferência sem filas mesmo com todas as interfaces operando à velocidade de linha (*wirespeed*).

As técnicas utilizadas no projeto aplicam o critério de *overprovisioning*, isto é, de planejar e projetar as redes para contarem com recursos de sobra que possibilitem atender por *default* a picos de demanda, mesmo dos serviços mais críticos. Este tipo de critério de desenho de redes é aplicável ao barramento da estação porque a banda, com a adoção de interfaces ópticas nos dispositivos e meios físicos constituídos de fibras ópticas, deixa de ser um problema. As novas redes ópticas atendem com folga o tráfego atual e o previsto para o futuro nas subestações digitais.

Portanto, um projeto correto do barramento de estação e uma especificação correta dos *switches* permite uma operação correta sem problemas e não requer estritamente que haja suporte a serviços CE (Carrier Ethernet) no

barramento da estação para atendimento aos dispositivos conectados à rede operativa nos níveis de *bay* e de processo.

Entretanto, se o barramento de estação for utilizado para outras funções – particularmente o uso de câmeras de vídeo para vigilância patrimonial e automação de subestações, sistemas de aviso (PA, *Public Address*), cobertura WiFi no pátio de comunicações unificadas para telefones móveis, etc. – será preciso que os *switches* suportem as funções e interfaces padronizadas de Carrier Ethernet (particularmente, CE2.0). Neste caso, é preciso configurar as portas para atendimento às necessidades de cada dispositivo conectado para não violar os critérios para cada CoS e cada volume de tráfego oferecido à rede pelos respectivos dispositivos (os IEDs, com seu tráfego relativamente pouco volumoso e exigência de baixo retardo, e demais dispositivos, tais como câmeras, que toleram retardos maiores, porém geram grandes volumes de tráfego.

3.2. Sincronismo na LAN de subestação

Outra função de considerável importância no barramento de estação e no barramento de processos é o provimento de estampas de tempo exatas, particularmente em ambiente de redes elétricas inteligentes e da utilização de medidores fasoriais (PMUs).

Antes do advento de subestações digitais e dos padrões IEC 61850-V3, o provimento de estampas de tempo era geralmente feito ou através de redes metálicas ponto a ponto nos pátios das subestações transportando sinais de fase e tempo segundo o padrão IRIG-B, ou através de relógios primários independentes distribuídos pelo pátio. Ambas soluções têm desvantagens. As redes metálicas nos pátios têm alto custo de capital e de manutenção; e os relógios primários com GPS distribuídos têm problemas de custo de capita, de manutenção e de operação (particularmente se não contam com sistemas de *backup* e de monitoração remota). No novo ambiente, essas redes metálicas deixam de existir, e as estampas de tempo são providos desde um ponto central através dos barramentos de estação (rede LAN da estação) e de processo. O padrão aplicado é o PTP (*Precision Time Protocol*) – IEEE 1588 *Power Profile*, ou C37.238-2011 - *IEEE Standard Profile for Use of IEEE 1588 Precision Time Protocol in Power System Applications*.

Os dispositivos no nível de *bay* e no nível de processos possuem clientes (relógios escravos) PTP. Esses dispositivos clientes PTP fazem uso de estampas de tempo distribuídas pelos barramentos de estação e de processos. Os relógios primários no nível de estação, em princípio, podem ser capazes de distribuir estampas de tempo a todos os dispositivos clientes. Contudo, é possível que haja relógios primários distribuídos no nível de *bay* podem continuar a existir, contando com GPS local para distribuir sincronismo aos dispositivos no nível de processos por IRIG-B, no caso de dispositivos legados ou estampas de tempo PTP aos novos dispositivos.

Observa-se que o padrão IEEE C37-238-2011 veda o uso de *boundary clocks* no ambiente de uma subestação. Ou seja, não pode haver estratificação da rede de sincronismo no ambiente da subestação. O fluxo de estampas de tempo entre o relógio *Grandmaster* e os clientes PTP não deve possuir em seu caminho com um relógio que atue como escravo de um *Grandmaster* superior e mestre de um estrato inferior.

Embora possa continuar havendo relógios mestres distribuídos, estes podem ser relógios independentes ou integrados a IEDs no nível de *bay*. Portanto, não é necessário que os *switches* possuam funções de relógio primário (*Grandmaster*) PTP no padrão IEEE C37-238-2011. Como já se mencionou, o padrão não admite a existência de *boundary clocks* entre o *grandmaster clock* e os relógios escravos. Portanto, só é admissível a função de *master* para um relógio primário, dotado de receptor GPS. A um relógio local escravo PTP está vedado converter-se em *master* de relógios escravos PTP de um estrato inferior. Relógios mestre locais, escravos PTP de um relógio *Grandmaster* e mestres para um estrato inferior devem existir apenas para fornecer sincronismo no padrão IRIG-B aos dispositivos legados, nunca na função de *boundary clocks* PTP. Convém ressaltar que, mesmo no caso de cumprirem essa função, os *switches* devem ser dotados de suporte a PTP IEEE 1588 e possam transferir estampas de tempo de um *grandmaster* remoto, preferencialmente em modalidade transparente *peer-to-peer*.

Observa-se também que não é vantajoso contar com *grandmaster* distribuídos, devido ao fato de que existirão múltiplos relógios primários distribuídos (o que leva a erros maiores de tempo e fase no ambiente local do que no caso de *grandmaster* único de estação), e em razão de um investimento maior e aos problemas de gerenciamento de relógios primários distribuídos.

Não se pretende fazer neste Informe Técnico uma descrição exaustiva das características do sincronismo nas subestações. Entretanto, é preciso ressaltar que os *switches* utilizados (e o projeto das redes) devem contemplar o suporte a funções de sincronismo. É preciso que os *switches* possuam a função de relógio transparente para reduzir o *jitter* de pacotes introduzido pela passagem pelos *switches* e com isso fazer com que o erro instantâneo de fase nos dispositivos clientes PTP não supere os valores críticos exigidos pelos novos dispositivos no nível de processos (em particular, das PMUs). E é preciso que suportem a função de relógio transparente na modalidade *peer-to-peer*, para evitar transientes no caso de comutação automática de proteção nas redes LAN ou qualquer outra alteração no caminho entre os relógios mestre e escravo PTP.

Uma última observação é a de que o padrão IEEE C37-238-2011 admite um máximo de 16 *switches* entre o *Grandmaster* PTP e um escravo. Na prática, podrém, a experiência indica que o número de saltos deve ser menor para atender aos critérios de exatidão e precisão. Isso não chega a ser um problema, pois as próprias exigências de comunicação, como exposto anteriormente, vedam o uso de longas cascatas de *switches* no barramento de estação.

3.3. Sistemas de Gerenciamento de Desempenho e de Falhas

Uma importante questão quanto à implantação de redes e serviços Ethernet é a verificação do cumprimento de 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 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 de fasores, 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 possivel a configuração de indicadores de desempenho para qualquer dado capturado. Com este recurso, é possivel 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 2. É ainda possível gerar relatórios para os indicadores de desempenho que façam uma previsão de quando o indicador atingirá níveis críticos.

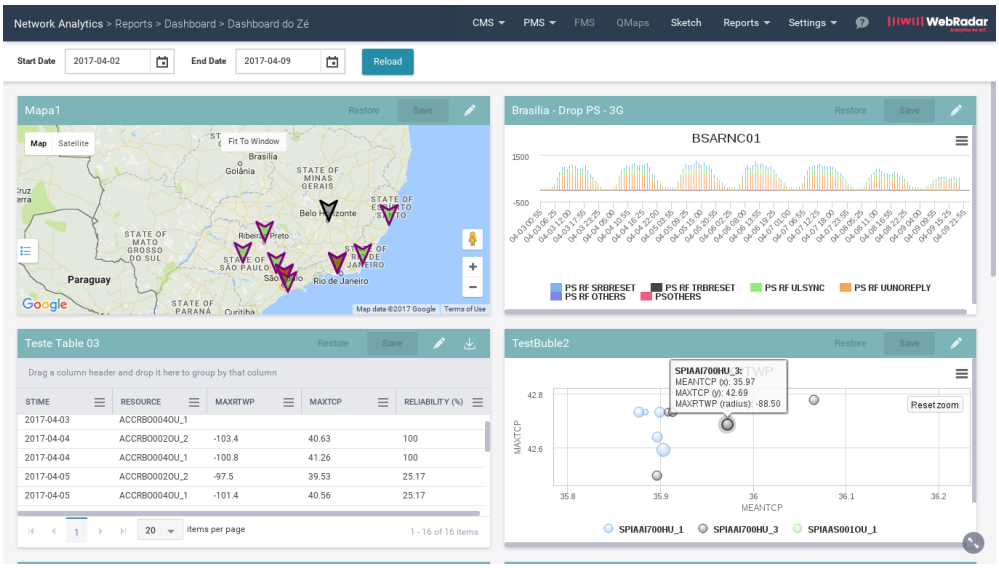

Figura 2. Exemplo de relatório de indicadores de desempenho apresentado pela solução *Network Analytics* da Webradar.

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.

4.0 - AS FUNÇÕES DE *CARRIER ETHERNET*

O conjunto de padrões do MEF para *Carrier Ethernet* define arquiteturas, define e padroniza os serviços, bem como as interfaces e funções de uma rede para o transporte de tráfego Ethernet, independentemente da tecnologia de rede subjacente.

Da tecnologia de rede subjacente, entretanto, depende quais são os serviços e perfis de serviços que serão suportados dentre todos os definidos nos padrões CE2.0 do MEF.

No caso específico de subestações de energia elétrica, o barramento de estação, para atender a comunicações corporativas e outras funções no pátio das subestações (segurança patrimonial, vídeo para auxílio à automação, comunicações pessoais unificadas, serviços de anúncios e outros), pode ser conveniente contar com funções de CE2.0 nos *switches*. Por outro lado, todos os serviços – corporativos e operativos – que incluam uma comunicação com outros locais externos utilizando a rede de transporte beneficiam-se muito, a praticamente exigem, o suporte a CE (*Carrier Ethernet*), em particular a CE 2.0.

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 de CE, particularmente de CE2.0, e projetar as redes e especificar os dispositivos com a finalidade de poder implementar os respectivos serviços.

4.1. 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, um 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 no parágrafo anterior 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, podem ser constituídas VLANs, que incluam desde apenas duas interfaces com possibilidade de comunicação (uma EVC ponto a ponto) ou várias (multiponto a 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. Uma rede SDH ou DWDM ou OTN somente permitem construir conexões ponto a ponto, portanto são adequadas para suportar serviços do tipo ELine, mas não outros serviços. Claro que podem ser utilizadas para constituir troncos entre switches Ethernet que, por sua vez, multiplexem vários fluxos em um canal determinístico e discriminem esses fluxos e os comutem nos extremos desses canais, mas neste caso os serviços de outros tipos estarão sendo implementados nesses *switches*, ou seja, em outra camada da rede, não diretamente nos mux SDH ou DWDM ou OTN. Entretanto, como muitos dispositivos modernos possuem os dois planos – plano determinístico e plano estatístico integrados, dispositivos híbridos são capazes de implantar de maneira muito eficiente serviços ponto a ponto e serviços ELAN e ETree.4.2. Serviços Carrier Ethernet 2.0

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 – sejas 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 determinísticas que atendam aos critérios de exigência 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 SLA obtidos de medições efetuadas sobre as conexões virtuais reais.

4.2. Implicações de Carrier Ethernet 2.0 para o projeto das redes

O importante neste aspecto é definir não somente as tecnologias candidatas aos projetos de redes de transporte, mas também conhecer as limitações e vantagens relativas entre elas para seu uso na interconexão no setor elétrico.

Uma tecnologia candidata que permite implantar a gama total de serviços é a de *switches* Ethernet como tecnologia de rede subjacente para a implementação dos serviços (utilizando Q-IN-Q e MAC-IN-MAC), que permite implementar os serviços de camada 2 em uma rede de camada 2. Outra tecnologia capaz de implementar os serviços é MPLS – com a ressalva de que é preciso especificar muito bem a rede para que seja capaz de suportar as Classes de Serviço garantidas, e não apenas a de *Best Effort* (melhor esforço).

O mais importante é que o ponto de partida de qualquer serviço é uma porta UNI CE2.0 de um *switch*. Portanto, independentemente de usar uma rede Ethernet, Ethernet com suporte a QoS, MPLS, MPLS com engenharia de tráfego, SDH, OTN ou DWDM, as portas dos switches devem ser capazes de suportar CE2.0. E switches com capacidades CE2.0 devem suportar pelo menos o conjunto mínimo de serviços e funções.

Outro cuidado ao implementar novas redes é saber de antemão quais serviços e CoS devem ser suportados na vida útil da rede, pois da especificação correta depende o atendimento a qualquer eventual necessidade futura dos clientes internos e externos.

5.0 - CONCLUSÃO

A preparação dos profissionais de telecomunicações das empresas elétricas exige um conhecimento amplo de toda a problemática e necessidades atuais e futuras de comunicação das redes elétricas inteligentes e de subestações digitais. 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 LAN de subestações de forma correta, e especificar corretamente os *switches* para que possam atender às necessidades atuais e futuras.

Para os novos serviços, é útil contar com funções de CE2.0 nas redes tanto internas à estação quanto nas redes de transporte.

A capacitação dos profissionais nas áreas de redes estatísticas, serviços e funções *Carrier Ethernet*, sincronismo em subestações e no uso de novas tecnologias, inclusive de tecnologias estatísticas para redes de transporte é de extrema importância.

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.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Novas Tecnologias Internet (autores António José Figueiredo Enne, Bruno Wanderley e Cristiano Henrique Ferraz, Editora Elsevier – Brasil, 2017).

(2) Padrões IEC 61850v3

(3) Padrão IEEE C37-238-2011

(4) Padrão IEEE 1588

7.0 - 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*.

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

Ewerton Figeirôa é engenheiro eletricista (UFPE), e trabalha como engenheiro na Netcon Ltda., Recife, e é docente em universidades em Pernambuco.