



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

REDE METRO ETHERNET APLICADA EM TOPOLOGIA ANEL PROMOVENDO RESILIÊNCIA PARA SISTEMA DE VIDEOMONITORAMENTO OPERACIONAL E PATRIMONIAL EM GRANDES INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO E GERAÇÃO DE ENERGIA.

**RENATO DE CASTRO LOPES(1);ALEXSANDRO EVARISTO DA SILVA(1);GABRIELLE CAMILLE MUNIZ DE MELO(1)
NETCON LTDA(1)**

RESUMO

O aumento da demanda de sistemas de videomonitoramento operacional e patrimonial em instalações de transmissão e geração de energia veio acompanhado de um maior nível de exigência na disponibilidade da rede. Os requisitos dos novos procedimentos de rede em relação a operação de instalações estratégicas desassistidas exigem a utilização de sistemas de videomonitoramento com alta disponibilidade. A utilização de soluções metro ethernet com topologia em anel, possibilitam a implantação e manutenção de um sistema de videomonitoramento com alta disponibilidade e custos reduzidos de implantação e manutenção.

PALAVRAS-CHAVE

Videomonitoramento, Teleassistência, Rede Metro Ethernet, Resiliência

1.0 INTRODUÇÃO

Os sistemas de videomonitoramento, que por muito tempo foram utilizados apenas para a segurança patrimonial, hoje contribuem, também, com a operação de instalações de transmissão e geração de energia, auxiliando o operador local ou remoto na visualização dos equipamentos de pátio, observação da operação/atuação de chaves seccionadoras e monitoramento de eventos intempestivos como arco voltaico, explosão e incêndio, entre outros.

O videomonitoramento operacional, em conjunto com o sistema SCADA, permite a operação teleassistida de uma subestação, conforme exigido pelos novos procedimentos de rede do ONS para instalações estratégicas desassistidas e auxilia a operação centralizada de diversas localidades.

Atualmente grande parte dos agentes do setor elétrico suportam seu sistema de videomonitoramento operacional e patrimonial através de redes Ethernet em topologia ponto a ponto ou estrela, utilizando: switches L2, conversores de mídia (E/O), cabos de fibra óptica e cabos metálicos. A grande desvantagem dessa solução é falta de redundância na comunicação, pois existe apenas um caminho de infraestrutura para conexão entre as câmeras e os equipamentos ativos (switches, conversores e gravadores de imagem)

A tecnologia Metro Ethernet veio como um aliado para suportar o sistema de videomonitoramento operacional dos agentes do setor elétrico, pois sua robustez, facilidade de operação, segurança, compatibilidade com sistemas legados e custos baixos tornam essa solução atraente.

A utilização/aplicação de rede metro ethernet com topologias em anel permite o aumento da resiliência, o que é necessário para os sistemas de videomonitoramento operacional e patrimonial em presença de eventos de falha dos canais de comunicação quando comparado com sistemas ponto-a-ponto, o que eleva o grau de disponibilidade de imagens nos centros de controle.

O presente Informe Técnico versa sobre o uso da solução de redes Metro Ethernet em topologia anel para o atendimento às necessidades de videomonitoramento do setor elétrico.

2.0 CONVERSORES DE MÍDIA

Os conversores de mídia têm por finalidade realizar a conexão entre um segmento de rede com cabeamento metálico (UTP) e um segmento de fibra óptica através de uma porta com conector padrão RJ45 e outra para conector padrão de fibra óptica (multimodo ou monomodo). Seu uso se dá em redes amplas ponto-a-ponto, com alta velocidade e largura de banda, possibilitando a criação de enlaces de fibra óptica com taxa de transmissão que podem chegar até 1 Gbps, e suportam operação de transmissão em full e half-duplex em autonegociação, porém não têm suporte a gerenciamento de rede.

3.0 SWITCHES DE REDE METRO ETHERNET

Os switches de Redes Metro Ethernet são equipamentos comumente utilizados em projetos e sistema que exigem uma rede Ethernet com alta eficiência e resiliência, aumentando assim sua largura de banda e sua redundância para proporcionar uma maior disponibilidade, com uso de uma combinação de protocolos RSTP, IEEE 802.3ad e ERPS que ajudam no desempenho, segurança e autenticação das redes implantadas. Usam portas RJ-45 10/100/1000 Base-T e conectores por fibra óptica com taxas de até 1 e 10 Gbps, proporcionando uma maior largura de banda e funções de camada 2 e demais aplicações específicas para redes Metro Ethernet e Carrier Ethernet.

4.0 PREMISSAS

A problemática considerada neste estudo envolve a análise de dois sistemas de videomonitoramento com as topologias:

- Ponto-a-Ponto com uso de conversores de mídia
- Anel com switches Metro Ethernet

Para o estudo comparativo foram consideradas topologias conforme itens 4.1 e 4.2

4.1 Topologia ponto-a-ponto com uso de conversores de mídia

O sistema de videomonitoramento da Figura 1 de topologia ponto-a-ponto com o uso de conversores de mídia, considera uma subestação contendo um painel de CFTV com conversores de mídia, switch L2, servidor (NVR) e 5 quadros de CFTV contendo conversores de mídia para atendimento de 6 câmeras.

SUBESTAÇÃO 69/230kV (TOPOLOGIA PONTO-A-PONTO COM CONVERSOR ELE/OPT)

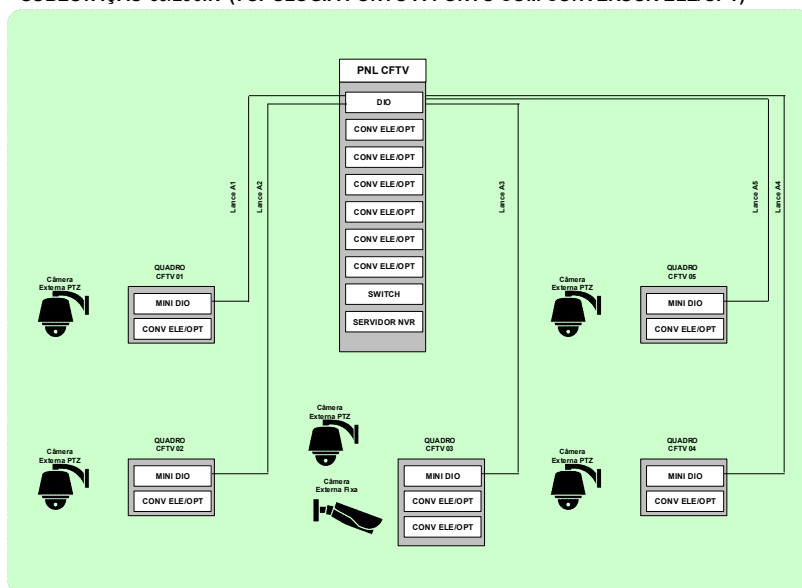


Figura 1 Topologia ponto-a-ponto

4.2 Topologia anel com switches Metro Ethernet

O sistema de videomonitoramento da Figura 1 de topologia em anel com o uso de switches Metro Ethernet, considera uma subestação contendo um painel de CFTV com switch L2, servidor (NVR) e 5 quadros de CFTV contendo switches Metro Ethernet para atendimento de 6 câmeras.

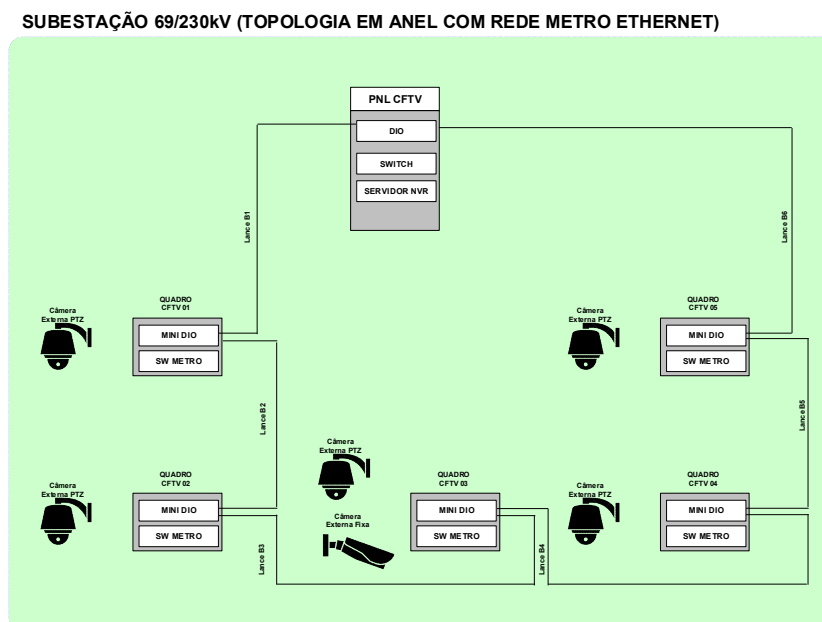


Figura 2 Topologia Anel

5.0 - CUSTOS DO SISTEMA

Para a análise dos custos envolvidos na instalação das topologias apresentadas na Figura 1 e na Figura 2 foram considerados custos de hardware, material de instalação e custo de montagem de infraestrutura.

5.1 Cabos dielétricos, elétricos e infraestrutura

De acordo com as topologias apresentadas na Figura 1 e na Figura 2, serão necessários 5 lances de cabos dielétricos, cabos elétricos e infraestrutura na topologia ponto-a-ponto e 6 lances de cabos dielétricos, cabos elétricos e infraestrutura na topologia em anel.

Note-se que terão distancias equivalentes os lances A1 e A5 aos lances B1 e B6; contudo não é possível afirmar se a soma dos lances A2, A3 e A4 serão maiores ou menores que a soma dos lances B2, B3, B4 e B5. Portanto, em relação aos custos dos cabos dielétricos, elétricos, infraestrutura e custos de mão de obra associada a análise é inconclusiva, podendo variar bastante a depender da distribuição física dos quadros na subestação.

5.2 Hardware

De acordo com as topologias apresentadas na Figura 1 e Figura 2, as diferenças entre os hardwares associados aos sistemas serão:

- Ponto-a-ponto com conversores
 - 12 Conversores de mídia
- Anel com Switches Metro Ethernet
 - 05 Switches Metro Ethernet

Ao comparar os custos de conversores de mídia com switches metro ethernet de alguns fabricantes, considerou-se switches de 4 portas RJ-45. Chegou-se à conclusão de que os conversores de mídia são sempre mais baratos que o switch metro, sendo que a relação mais vantajosa encontrada de preço para o conversor foi de Preço (Switch) = 1,49 x Preço (Conversor), para um mesmo fabricante. Entretanto considerando o total de dispositivos necessários para as topologias analisadas, o custo de fornecimento dos switches metro ethernet será 62% mais barato do que o custo do fornecimento dos conversores. Além da redução de custos com ativos de hardware, existe a possibilidade de um atendimento posterior de mais câmeras ou outros dispositivos de rede nas portas disponíveis dos switches metro.

5.3 Resiliência e Disponibilidade da Rede

5.3.1 Resiliência da Rede

A imagem de alguma câmera ficará indisponível para as topologia apresentadas na Figura 1 e Figura 2, caso um dos seguintes tipos de falha ocorra:

- Falha do Switch L2 do rack
- Falha de Alimentação
- Falha do Servidor (NVR)
- Falha de um Conversor de mídia
- Falha de uma Switch metro nos quadros
- Falha num enlace de Fibra

As únicas diferenças em relação à topologia ponto-a-ponto com conversores e a topologia em anel com rede metro ethernet será quanto ao impacto de uma falha num enlace de Fibra, em que para a solução ponto-a-ponto a câmera que utiliza essa fibra perderá a comunicação, ao passo que para a solução em anel a câmera atendida pela switch metro em questão continuará transmitindo imagem para o servidor se apenas uma das fibras que atende a mesma tiver sido rompida, não provocando indisponibilidade e garantindo assim a continuidade do serviço até a chegada do reparo, que poderá levar algumas horas ou dias para ser realizado.

Essa resiliência adicional diminui o impacto do reparo e permite, por exemplo, que uma subestação desassistida possa realizar uma operação como a abertura de chaves seccionadoras sem precisar aguardar a finalização do reparo da fibra.

5.3.2 Disponibilidade da Rede

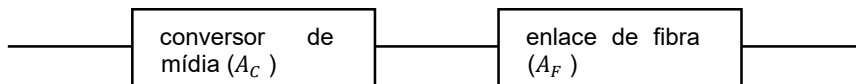
A disponibilidade de um equipamento ou sistema é a relação entre o tempo médio entre falhas (MTBF) e a soma do tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo (MTTR), conforme equação (I)

$$\text{Disponibilidade, } A(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (I)$$

	Disponibilidade A (%)	Tempo indisponível em um ano	
7 novos	99,9999999	0,03	seg
6 novos	99,999999	0,32	seg
5 novos	99,99999	3,15	seg
4 novos	99,9999	31,54	seg
	99,9995	2,63	min
3 novos	99,999	5,26	min
	99,995	26,28	min
2 novos	99,99	52,56	min
	99,95	4,38	hrs
1 novos	99,9	8,76	hrs
	99,8	17,52	hrs

Para poder realizar um comparativo entre as topologias apresentadas na Figura 1 e Figura 2 foi considerado que a disponibilidade de um conversor de mídia (A_C), de um switch Metro Ethernet em um dos quadros (A_S) e de um enlace de fibra (A_F) são todas iguais a 99,9% ou seja com tempo de indisponibilidade de 8,76 horas em um ano. Assumiu-se a disponibilidade dos outros componentes do sistema como 100%, ou seja, que os mesmos não tem nenhum peso na análise de comparação de disponibilidade entre os as duas topologias.

Considerou-se que a disponibilidade de um conversor e seu enlace de fibra é do tipo serie, pois a falha do conversor ou do enlace de fibra irá provocar indisponibilidade de uma câmera.

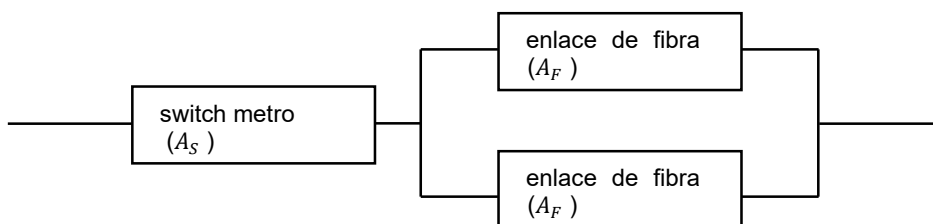


$$A = A_C A_F \quad (\text{Serie})$$

Considerando que a falha de algum dos 12 conversores e dos 5 enlaces de fibra provoca indisponibilidade de uma câmera tem-se que:

$$A = A_C^{12} A_F^5 = 98,31 \quad (6,1 \text{ dias de indisponibilidade por ano})$$

Considerou-se que a disponibilidade de um switch metro e seu enlace redundante de fibra é do tipo serie -paralelo, pois a falha do switch metro ou dos dois enlaces de fibra provocar indisponibilidade de uma câmera.



$$A = A_S [1 - (1 - A_F)^2] \quad (\text{Serie-Paralelo})$$

Considerando que a falha de algum dos 5 switches metro e dos 5 enlaces redundantes de fibra provoca indisponibilidade de uma câmera tem-se que:

$$A = A_S^5 [1 - (1 - A_F)^2]^5 = 99,50\% \quad (1,82 \text{ dias de indisponibilidade por ano})$$

6.0 - CONCLUSÃO

Em toda solução de engenharia deve-se considerar as vantagens e desvantagens de cada tipo de solução. Para os dois cenários, uma topologia ponto-a-ponto com o uso de conversores e uma topologia em anel com o uso de uma rede Metro Ethernet analisados neste informe Técnico, constatou-se que os custos associados à infraestrutura, cabos elétricos e cabos dielétricos vão depender do encaminhamento. Portanto, só é possível definir qual é a solução menos custosa para essas variáveis com o desenho do pátio da Subestação e definição do encaminhamento.

Os hardwares associados às duas soluções são iguais em quase todos os aspectos, divergindo apenas nos conversores de mídia no painel e quadros de CFTV para a solução ponto-a-ponto e os switches Metro Ethernet dos quadros de CFTV para a solução em anel. Constatou-se que o custo total dos switches Metro é 62% menor do que o custo total dos conversores de mídia, tornando a solução da rede Metro mais econômica. Contudo as diferenças do custo total das duas soluções dependem da relação dos custos dos outros equipamentos envolvidos com os conversores e switches Metro Ethernet dos quadros de CFTV, tornando a diferença total de custos menor do que o valor encontrado neste informe.

Por fim analisou-se as diferenças da resiliência e disponibilidade das duas redes, modelando os valores de disponibilidade dos conversores de mídia, enlaces de fibras ópticas e dos switches Metro Ethernet, onde os resultados demonstraram que o sistema com o uso de conversores estaria disponível em 98,31% (6,1 dias de indisponibilidade por ano) e o sistema com o uso da rede Metro Ethernet em anel estaria disponível em 99,50% (1,82 dias de indisponibilidade por ano).

7.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Novas Tecnologias de Ethernet (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) Procedimentos de Rede do ONS
- (4) Especificações Técnicas de Licitações e diversos projetos de atendimento realizados pela Netcon para o setor elétrico;
- (5) Diversas outras fontes cuja inclusão nesta curta bibliografia a tornaria demasiado extensa para fins deste Informe Técnico.

DADOS BIOGRÁFICOS



Engenheiro Eletrônico pela Universidade Federal de Pernambuco, tendo realizado intercâmbio acadêmico de um ano na Technischen Universität Dresden, Alemanha, certificações Axis, Genetec, Hikvision e Intelbras, faz parte do corpo de consultores da Netcon Americas desde 2012 e possui larga experiência no desenvolvimento de projetos de sistemas de telecomunicações e sistemas especiais de videomonitoramento e segurança para empresas de missão crítica, especialmente redes de transporte SDH/MPLS, redes Ethernet, redes VoIP, redes de videomonitoramento (CFTV IP) e sistemas de teleproteção OPLAT para empresas de energia elétrica de geração e transmissão.

(2) ALEXSANDRO EVARISTO DA SILVA

Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, Gerente comercial, Participa da Prospecção de negócios e comercialização de projetos, sistemas, serviços de instalação, testes de aceitação em fábrica, testes de aceitação em campo, treinamentos, engenharia de proprietário, certificação de redes, consultoria, industrialização de painéis, fornecimento de equipamentos e etc. Seguindo as atividades de telecomunicações, CFTV, Cabeamento Estruturado, Detecção de Fumaça, Controle de Acesso, DWDM, Teleproteção digital e OPLAT, WLAN e Sistemas de Rádio).

(3) GABRIELLE CAMILLE MUNIZ DE MELO

Engenheira Elétrica Eletrônica pela Universidade de Pernambuco, possui certificações na área de redes IP e Segurança, como CCNA, CCNP, Itil e NSE4. Faz parte do corpo de engenheiros da Netcon Americas desde 2015 e possui larga experiência no desenvolvimento de projetos de sistemas de telecomunicações e na implantação de diversos sistemas, especialmente redes de transporte SDH/MPLS, redes Ethernet, redes VoIP para empresas de energia elétrica de geração e transmissão.