



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO -XV  
GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES PARA SISTEMAS  
ELÉTRICOS- GTL**

**MUDANÇA DO SISTEMA DE PROTEÇÃO DO TRANSPORTE DA REDE GIGABIT**

**Alessandro Gomes Preissler (\*)      André Fraga  
COMPANHIA ESTADUAL DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CEEE-GT**

**RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os mais conhecidos protocolos de redundância em redes ethernet, suas principais características e a motivação da troca do sistema de proteção a loops da rede gigabit, que antes era baseado no STP (spanning tree protocol) e foi migrada para o EAPS (ethernet automatic protection system) desenvolvido pela Divisão de Telecomunicações (DT) da CEEE-GT e as melhorias decorrentes desse trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE**

STP, EAPS, rede metro, gigabit.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

No contexto do sistema interligado de potência do Brasil é muito importante a existência de comunicação entre as subestações e o ONS, a telecomunicações faz o papel de ligar esses dois pontos. Mas atualmente é muito importante a garantia deste serviço, por isso a busca pela proteção do sistema conhecida por redundância.

A mais de trinta anos o ethernet é a tecnologia predominante para as redes locais (LAN) e recentemente o sistema de telecomunicações em geral está migrando para a utilização desta tecnologia em redes metro. Economias em escala, fácil configuração, escalabilidade são alguns dos motivos que levam a utilização dessa tecnologia.

A topologia em anel se tornou popular nas redes ethernet tanto LANs como MANs um sistema muito similar como nas redes SONET/SDH com diferenças nos tempos de convergência, que na rede SDH são inferiores a 50ms e na rede ethernet pode haver uma grande variação entre os protocolos, conforme será discutido. Nos switches e roteadores estão dispostas várias ferramentas para garantir a proteção do sistema, mas nesse texto serão tratadas as duas mais utilizadas, o Spanning Tree Protocol (STP IEEE 802.1d) e o Ethernet Automatic Protection System (EAPS RFC 3619), que são protocolos de redundância em Layer 2 (camada física).

A CEEE-GT por muito tempo utilizou o sistema STP como única forma de redundância, mas este sistema apresentou algumas complicações, as quais foram fator motivante para a busca uma alternativa que cobrisse as carências existentes.

(\*) Av Joaquim Porto Villanova, nº 201 – sala 305 - Bloco F – CEP 91.410-400 Porto Alegre, RS, – Brasil  
Tel: (+55 51) 3382-5509 – Fax: (+55 51) 3382-5529 – Email: alessandrop@ceee.com.br

## 2.0 - FERRAMENTAS DE REDUNDÂNCIA

As ferramentas de redundâncias, surgiram para permitir que as estruturas físicas pudessem ter caminhos alternativos para a transmissão dos dados, atuam na proteção do sistema de telecomunicações principalmente evitando os loop.

Um loop é formado quando um pacote, sem fim de vida pré-determinado (TTL), é destinado a um outro equipamento porém por alguma razão este pacote volta para sua origem, mas como a origem sabe que este pacote não é para ela, repassa para seu destinatário original, porém novamente esse pacote volta e o ciclo que se repete infinitamente. A origem por não receber a confirmação de recebimento do pacote do destino torna a enviar um novo pacote, porém o pacote anterior ainda está trafegando e como são enviados novos pacotes pela origem a quantidade de pacotes em loop vai aumentando, fazendo com que o switch tenha seu processamento levado ao máximo, processando somente o mesmo pacote.

### 2.1 Spanning Tree Protocol ( STP )

O Spanning Tree Protocol (STP) na verdade é um protocolo de proteção contra loops físicos, que atua ao detectar o loop bloqueando uma das portas do switch que faz parte deste.

Para montar a rede e detectar os loops o STP utiliza pacotes BPDU em multicast e decidir qual será o switch mestre e quais serão o(s) switch(s) com as portas bloqueadas. O STP é muito eficiente quando aplicado na caixa, pois se ocorrer loop local, uma porta do switch é ligada com outra porta do mesmo, é detectado rapidamente e bloqueado, mas em portas de uplink apresenta uma convergência lenta principalmente com o aumento da rede ethernet podendo levar vários segundos para estabilizar após a inserção ou remoção de um novo switch na rede ou na queda e restabelecimento de um link.

Porém a CEEE-GT utilizou o STP como forma de manter a redundância de seus serviços IPs em suas estações. Nesta época a empresa possuía em torno de 81 switches metro ethernet em sua rede, sendo que 28 destes compunham a região metropolitana da cidade de Porto Alegre no RS, entre estes 17 estavam em redundância. Alguns possuíam mais de um único caminho para redundância, sendo que alguns chegavam a ter um caminho principal e outros três redundantes. A Figura 1 mostra como era a rede nesta época.

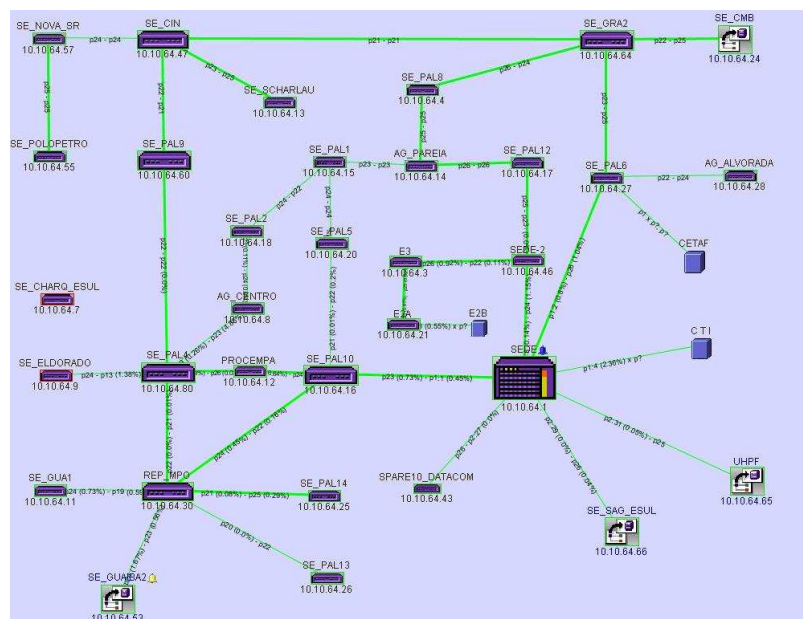


FIGURA 1 – Mapa da rede Metropolitana de Porto Alegre com seus caminhos redundantes da CEEE-GT

Por mais confortante que possa parecer saber que existe mais de um caminho para um pacote chegar ao seu destino, para o protocolo TCP/IP isso é um fator complicante. Pois o protocolo TCP/IP nos switches trabalha com tabelas onde ele indica para os switches vizinhos que está utilizando as suas portas. Pegando o exemplo de um anel simples de uma porta principal e uma redundante como mostra a Figura 2:

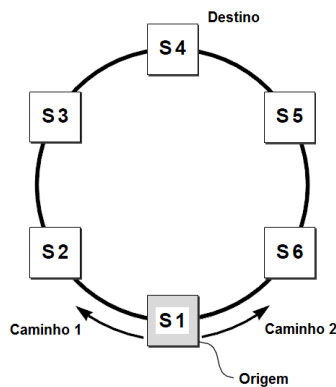


FIGURA 2 – Exemplo de anel simples.

Qualquer pacote enviado pelo switch S1 para o switch S4 terá dois caminhos para percorrer se nenhuma ferramenta de redundância, que evite loop, estiver ativa. No protocolo TCP/IP existe um pacote chamado broadcast que serve para a identificação de equipamentos na mesma rede, quando um switch recebe tal pacote ele responde ao requisitante, mas manda este pacote para seus vizinhos. Utilizando o exemplo da Figura 2 quando o S1 mandar um broadcast para a rede utilizando o Caminho 1 este pacote irá chegar nele pelo Caminho 2, pois os switches anteriores irão responder e enviar para frente, quando o pacote chegar pelo Caminho 2 o S1 irá responder, ironicamente para ele mesmo, e irá passar a diante, fechando assim um ciclo infinito, porém o protocolo TCP/IP utiliza seguidamente o broadcast para manter suas tabelas atualizadas, assim aumentando o número de requisições em loop nesta rede até algum dos switches ter seu processamento comprometido com tantos pacotes travando todo o tráfego.

Com a ajuda do STP o anel será desfeito em algum dos switches, o protocolo tem alguns requisitos a cumprir antes de escolher o switch e a porta que irá bloquear, para evitar que o loop aconteça. O STP desbloqueia a porta bloqueada quando perceber que o anel foi desfeito, seja ele por rompimento de link ou deligamento de algum outro equipamento.

STP segue as normas da IEEE 802.1D, onde o tempo de convergência com as configurações default é de 30-50s (segundos), a CEEE-GT utilizava a versão mais rápida, Rapid Spanning Tree (RSTP) que segue as normas de IEEE 802.1w onde o tempo de convergência com as configurações default é de 300-500ms (milissegundos), isto com um anel simples. No caso da CEEE-GT com seus 17 equipamentos fazendo parte de diversos anéis distintos e/ou sobrepostos esse tempo chegava a subir para 40-60s (segundos), mesmo utilizando o RSTP.

Para vários serviços este tempo não é aceitável, pois alguns de nossos clientes internos usam gateways ethernet para RS232 assíncrono, com esse atraso o equipamento perde comunicação com o seu remoto, mesmo com o RSTP tendo refeito a rede o equipamento ainda leva mais alguns segundos para retornar para o sistema. Outro grande cliente interno é a rede corporativa, que também sofria muito essa convergência demorada.

## 2.2 Ethernet Automatic Protection System ( EAPS )

Por estes e demais serviços sofrendo com essa convergência demorada, partiu-se em busca uma nova ferramenta para redundância, o Ethernet Automatic Protection System (EAPS).

O EAPS é um protocolo de anéis metroethernet, que segue as normas da RFC3619, que trabalha bloqueando uma porta de um switch em um anel específico, determinado pelo administrador e desbloqueia-a quando for detectado falha pelo outro lado do anel não bloqueado. O EAPS necessita definir quem é o mestre do anel, onde este terá a porta primária e secundária. A porta secundária é aquela que permanecerá bloqueada, somente no mestre, quando o anel estiver funcional. O protocolo se utiliza de pacotes PDUs e de uma vlan exclusiva para verificação de integridade do anel.

O EAPS apresenta uma velocidade de convergência muito superior ao STP, tempos em torno de 30ms (milissegundos) porém ele deve ser totalmente configurado pelo administrador, diferente do STP, ou RSTP, que detecta a rede por conta de seu protocolo.

Um grande cuidado que se deve ter com o EAPS é de não se programar um mestre para dois domínios, anéis, distintos com uma porta em comum. Pois quando houver uma perturbação em um destes anéis os pacotes PDUs podem interferir no outro anel e desbloquear a porta errada fazendo que novos anéis surjam o que derrubaria o sistema todo.

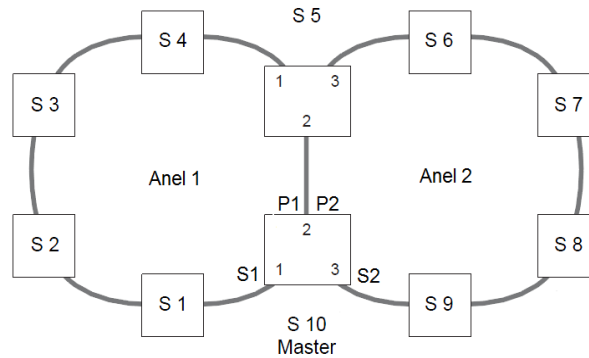


FIGURA 3 – Exemplo de EAPS com dois domínios diferentes com um master

Utilizando a Figura 3 damos o seguinte exemplo: Se o link entre S7 e S8 for rompido, os dois switches iram mandar um pacote de “link down” para o master e este deveria habilitar somente a porta 2, que é a porta configurada como secundária no Anel 2. Porém já foi testada essa topologia e observamos que as duas portas secundárias, 1 e 2, eram habilitadas, criando um loop no Anel 1.

Uma topologia proposta para solucionar este tipo de problema é a mostrada na Figura 4.

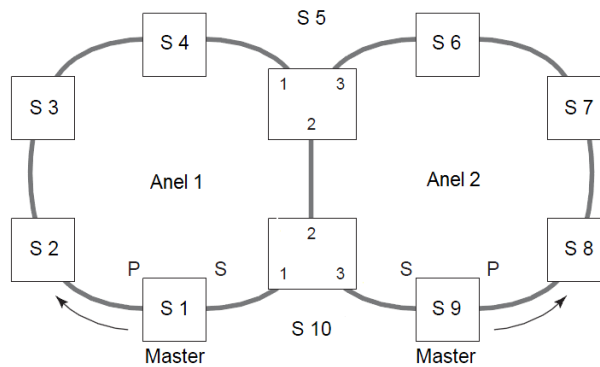


FIGURA 4 – Exemplo de EAPS com dois domínios diferentes com dois masters

Mesmo tendo visto que essa topologia exemplificada na Figura 4 funcionava, a CEEE-GT optou por não passar mais de um domínio de EAPS por porta. Assim dando origem a topologia atual da rede metropolitana, como mostra a Figura 5.

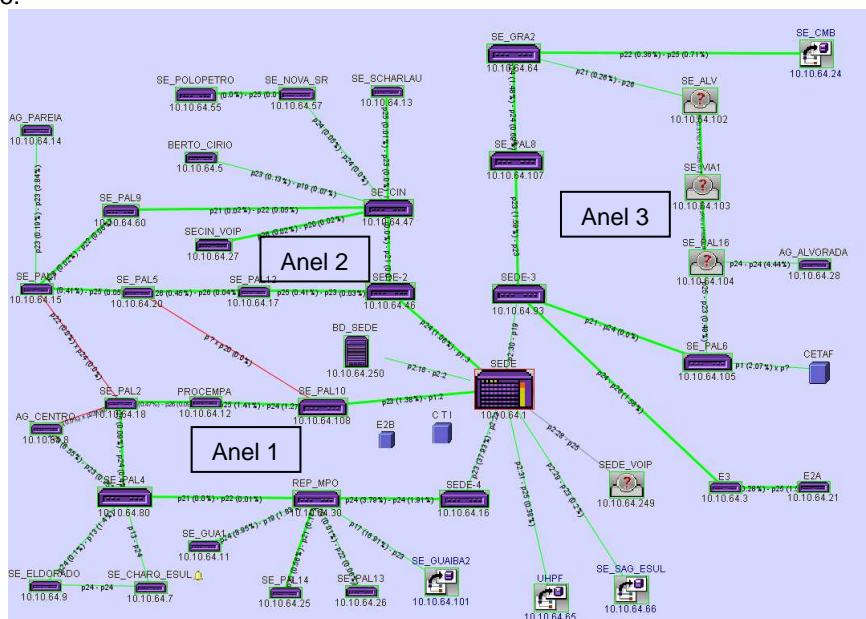


FIGURA 5 – Mapa da rede Metropolitana de Porto Alegre com seus anéis distintos da CEEE-GT

### 3.0 - RECONFIGURAÇÃO TOPOLOGIA E DE SOFTWARE

Para que fosse possível trocar a ferramenta de redundância era necessário trocar a topologia, trocar as fibras ópticas a serem usadas e a configuração de cada switch. Mas tudo isso tinha que acontecer sem que os serviços ficassem fora. Uma das alternativas era trocar todos os switches em uma janela de manutenção, porém isso seria impossível fazer pois a equipe de manutenção não dispõem de tantas equipes como seriam necessárias e também possuía outros serviços de manutenção a serem efetuados. Havia ainda o problema da configuração dos switches, uma vez que o STP e o EAPS não convivem em harmonia quando trabalham nas portas de up-link, ou era um atuando na proteção do link ou o outro.

#### 3.1 Mudança da topologia física

A CEEE-GT possui uma quantidade suficiente de cabos de fibra óptica na região metropolitana de Porto Alegre, que permitiu a mudança de topologia. Mas mesmo assim foi necessário a instalação de jumpers em subestações, troca de GBICs de curta distância para longa distância e a instalação de novos switches, para vencer as novas distâncias impostas pela troca da topologia física.

Para que a troca de topologia pudesse ser realizada foram solicitadas várias janelas de interrupção da comunicação, em dias e horários diferentes, pois utilizando a facilidade do STP de encontrar a nova topologia sem nenhuma intervenção na configuração.

Assim foram acrescentadas novas redundâncias de caminho em alguns switches e retiradas de outros. O Anel 1, como mostra na Figura 5, foi o primeiro e mais rápido anel a ser criado, ainda sendo controlado pelo STP. Foi necessário somente acrescentar jumpers. Já o Anel 2 foi necessário a troca de par de GBICs de curta para longa distância, mas também o serviço de instalação foi rápido. Nas adequações necessárias do Anel 3 foi exigido mais tempo, pois além da instalação de jumpers, troca de GBICs detectou-se a necessidade da instalação de mais switches. Pois em um levantamento de campo foram encontradas três ( 03 ) subestações que recebiam seu sinal de telecomunicações via modens ópticos. Modens ópticos são mais baratos que switches L3 ( Layers 3 ), por isso estas subestações antigamente usavam este tipo de transporte. Para aumentar a confiabilidade, disponibilidade de serviços e melhorar o gerenciamento de telecomunicações destas três localidades foram instalados switches.

Ainda ficam legados dos antigos anéis. Alguns links entre anéis foram mantidos para que se acontecesse a coincidência do link reserva do EAPS estivesse em manutenção e o link principal caísse, houvesse um terceira alternativa, porém controlada manualmente. Estes caminhos são aqueles mostrados em vermelho na Figura 5.

#### 3.2 Mudança de configuração, STP para EAPS

Após terem sido adequados os anéis para a nova topologia física, a configuração de proteção foi migrada para o EAPS. Pois mesmo tendo sido desfeitos muitos anéis sobrepostos, melhorando consideravelmente os tempos de convergência, quando um link era rompido o STP, ou RSTP, ainda demorava muito, fazendo que os serviços que usavam gateways ficassem fora.

Mas para configurar o EAPS era necessário desconfigurar o STP, porém se fosse desconfigurado o STP em um único switch sem que fosse tomado cuidado de desfazer o anel, iria se criar um loop.

Por definição interna foram escolhidos switches na sede da empresa para serem os mestres dos anéis 2 e 3. Porém para o anel 1 isto não ocorreu em função da estação repetidora REP MPO ela é responsável pelo envio de dados para a rede da região sul do estado o RS, onde a CEEE-GT possui 12 switches. Então para evitar de passar por mais quatro switches, sendo que dois deles apresentam grande tráfego de dados corporativos, optado pela configuração do master nessa estação. O ponto positivo nessa escolha é a divisão de tráfego entre os links, otimizando o uso da rede. O ponto negativo é afastar da sede o master, pois se houver a queda de algum link no anel 1 e o switch master não responder adequadamente ao protocolo habilitando a porta secundária, poderemos perder a comunicação com algumas estações até a solução do link ou da configuração manual, e portanto local, da habilitação da porta secundária.

Também por definição interna foi escolhido como porta primária, a que estará sempre ativa quando o link estiver completo, a porta 23, quando switch possuía somente 24 portas, ou porta 25, para switches de 26 portas, e a porta 24 para secundária. Esta convenção é necessária somente para que se fosse preciso substituir um switch por outro de qualquer outra estação, para fins de manter o anel e os serviços L2 (Layer 2 ) ativos, sem que fosse

necessário alterar qualquer configuração antes de instalar, poupando tempo em casos de emergência.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Com a execução dos trabalhos foi observado uma significativa melhora dos tempos de convergência. Serviços que usam gateways, serviços de voip e teleconferencia puderam ser usados sem interrupção mesmo com a convergencia do link pelo protocolo EAPS.

Com a troca de topologia ficou mais facil a indentificação de aumento de atenuação momentaneo em enlaces de fibras, mal contato de cabos UTP em portas de up-link, pois isso também fazia com que as portas secundarias fossem desbloqueadas, e no STP esse desbloqueio por almento momentaneo de atenuação ou mal contato gerasem loops que afetavam a rede toda, já no EAPS também geravam loops, porem somente no anel onde havia este problema, facilitando a manutenção do link.

#### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Fast Spanning Tree Reconnection for Resilient Metro Ethernet Networks; Jian Qiu; Yong Liu; Mohan, G.; Kee Chaing Chua; Communications, 2009. ICC '09. IEEE International Conference on ; paginas: 1-5 ;2009.
- (2) Resilient Ethernet Ring for Survivable IP Metro Backbone; Yichun Zhan, Meng Ji, Shaohua Yu; Communications and Networking in China. ChinaCom '06. First International Conference on; Beijing ; 25-27 Oct. 2006
- (3) Operation, administration, and maintenance of Ethernet services in wide area networks; Cavendish, D.; Communications Magazine, IEEE; pag. 72; volume 42; março 2004
- (4) 802.1D IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Media Access Control (MAC) Bridges
- (5) 3619 ( RFC 3619 ) Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS)

#### 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Alessandro Gomes Preissler

Nascido no município de Porto Alegre, RS, em 04 de fevereiro de 1978.

Mestre em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS (2008).

Graduado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS (2003).

Empresa: Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT, desde 2006.

Atua como chefe do Departamento de Planejamento de Telecomunicações – DPT, na Divisão de Telecomunicações, da CEEE-GT.

André Luis Silveira Fraga

Nascido no município de Porto Alegre, RS, em 18 de setembro de 1985.

Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Parobé (2008).

Técnico em Mecatrônica pelo SENAI Ney Damasceno Ferreira (2003).

Empresa: Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT, desde 2008.

Atua no Departamento de Engenharia e Projeto de Telecomunicações – DEP, na Divisão de Telecomunicações, da CEEE-GT.