



**XXII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GTL/08
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - XV

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

CARACTERÍSTICAS DO BARRAMENTO DE PROCESSO EM UMA REDE DE COMUNICAÇÃO BASEADA EM IEC61850

**Carlos Alberto Dutra (*) Igor Henrique da Cruz Sérgio Luiz Zimath
Reason Tecnologia S.A.**

RESUMO

A evolução dos sistemas de automação em subestações de energia elétrica tem ocorrido em ondas de tecnologia. Inicialmente os sistemas de proteção eram compostos por relés eletromecânicos, com uma função de proteção para cada relé e grande quantidade de cabos interligando todos os dispositivos. Relés digitais substituíram os relés eletromecânicos, integrando uma série de funções em um único dispositivo. Recentemente a interligação entre os vários relés digitais passou a ser substituída por mensagens transmitidas pela rede, reduzindo drasticamente o cabeamento nos painéis. A mais nova onda é a interligação dos dispositivos de campo com os equipamentos das salas de controle por meio de redes.

Esta mudança traz consigo uma série de desafios. Talvez a maior delas seja estabelecer a confiança nos sistemas de comunicação dentro de uma subestação. Para obter esta confiança é necessário o conhecimento das características, requisitos, limitações e cuidados necessários ao introduzir esta tecnologia. Este artigo busca auxiliar na obtenção destes conhecimentos.

PALAVRAS-CHAVE

IEC61850, Barramento de Processo, Sistemas de comunicação, Merging Units, Switches

1.0 - INTRODUÇÃO À IEC 61850

Em subestações de energia elétrica, os vários equipamentos instalados são interligados entre si por meio de um conjunto extenso de cabos elétricos. Os sinais transmitidos nestes cabos são relacionados aos instrumentos de medição (TPs e TCs), chaves e disjuntores, bem como para a sinalização entre dispositivos de automação, controle e proteção.

Neste cenário os vários equipamentos necessitam ter entradas e saídas digitais físicas compatíveis com o número de sinais que desejam monitorar e acionar. Toda esta interligação envolve custos: cabos e acessórios (eletrodutos, canaletas, conectores, etc.), entradas e saídas dos dispositivos, obra civil para passagem dos cabos, etc. Além disto, requer difícil manutenção. A Figura 1 ilustra as interligações por meio de cabos elétricos dentro de uma sala de relés.



FIGURA 1 - Interligações por meio de cabos elétricos

Considerando as dificuldades do uso de cabos elétricos para interligar os elementos dentro da subestação, considerou-se a substituição desta interligação por um *link* de comunicação baseado em rede a fim de minimizar o volume de cabos. O uso de comunicação via rede é algo cada vez mais frequente, atingindo todos os níveis de usuários. Atualmente diversos equipamentos no mercado têm esta tecnologia disponível e as estruturas de rede estão cada vez mais confiáveis e operando em velocidades cada vez maiores. Diversos protocolos foram criados para permitir encapsular um volume maior de informações e objetivando criar uma padronização da forma de envio destes dados. Entretanto cada fabricante implementava uma forma diferente, levando a falta de interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes. Por estarem sendo usadas em grande escala, o custo da infraestrutura está sendo reduzido. Com a maior disponibilidade da rede o foco passou a estar relacionado com o gerenciamento dos dados que são transferidos, confiabilidade, segurança e capacidade de interoperabilidade de dispositivos de diferentes fabricantes.

Com a evolução da tecnologia, os dispositivos digitais utilizados em subestações e usinas passaram a ser dotados de alta capacidade de processamento e a permitir a sua conexão à rede de comunicação. Para poderem trocar informações entre si, estes dispositivos, conhecidos como IEDs (*Intelligent Electronic Devices*) necessitam de um protocolo que utilize um formato conhecido a todos.

Assim foi criada a norma IEC 61850 [1], que descreve as características de um sistema que abrange a estrutura de comunicação, modelo de dados, formato de pacotes e características dos IEDs em uma subestação de forma que se alcancem os objetivos de interoperabilidade e intercambiabilidade. Ela considera a virtualização de elementos (modelagem por objetos), convencionou a nomeação para cada elemento do sistema e determina a decomposição de funções em nós lógicos, o que proporciona um modelo de dados orientado a objetos bem definido. Este modelo de dados é formatado em uma linguagem específica para descrição de subestações e IEDs;

Neste novo conceito as estruturas de comunicação na subestação são separadas em barramento de estação e barramento de processo. Simplificadamente, o barramento de estação constitui-se da interligação entre os dispositivos dentro da sala de controle, permitindo a substituição de cabos para sinalização e intertravamentos. Já o barramento de processo viabiliza a comunicação por rede dos equipamentos instalados no pátio da subestação (chaves, disjuntores, transformadores de instrumentação, etc.) com a sala de controle. Estes equipamentos são “conectados” a rede por meio de dispositivos chamados de *Merging Units*, que digitalizam as medições das grandezas analógicas e os estados de sinais digitais e os envia para a rede através do protocolo padronizado. A Figura 2 ilustra esta arquitetura.

O barramento de processo é mais crítico pois o fluxo de dados é bastante significativo e as informações são valiosas. Considerando que informações como acionamento e estado de disjuntores e medidas dos transformadores de potencial (TP) e de corrente (TC) são enviadas para os dispositivos na sala de controle por meio de uma rede, uma série de aspectos relacionados ao desempenho desta rede devem ser analisados de modo a garantir que o sistema seja operado com robustez.

Com a arquitetura baseada no conceito da IEC 61850 os engenheiros se depararam com situações diferentes das habituais. Este novo ambiente é extremamente diferente do convencional. As diferenças estão em todos os níveis, desde o projeto até a manutenção, o que mostra que todo o processo necessita ser adaptado. O projeto do sistema de potência da subestação se mantém, entretanto a forma de implementação se modifica. A configuração dos equipamentos não é mais dada de forma individual, mas sim de forma conjunta. A configuração do sistema de proteção depende das capacidades dos IEDs que serão utilizados, e as funções de proteção podem estar distribuídas entre eles.

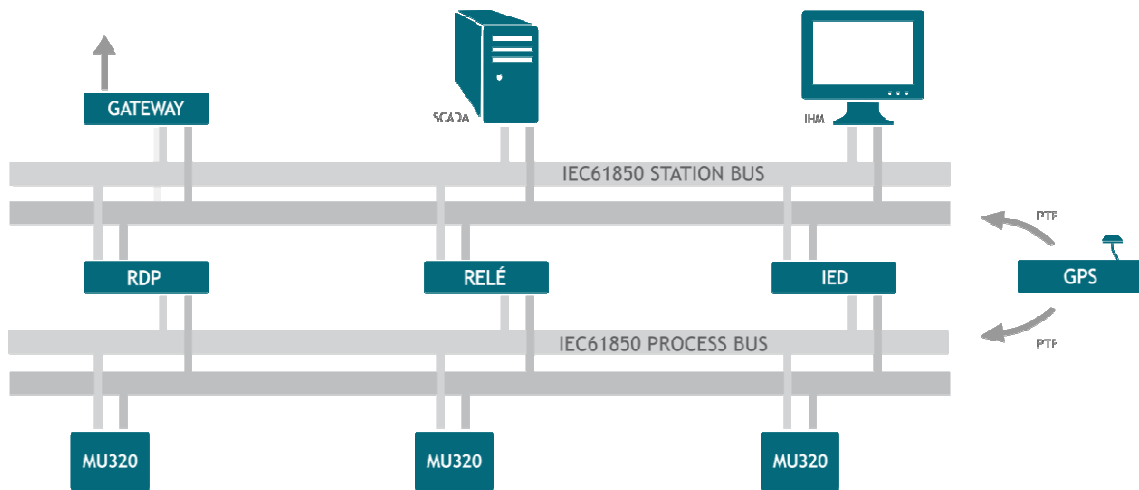


FIGURA 2 - Barramento de processo e barramento de estação

Outra modificação importante e que provavelmente tem maiores impactos no cotidiano dos engenheiros, é o uso da rede de comunicação para interligação dos diversos IEDs. Não é comum engenheiros de proteção terem o conhecimento e a experiência necessárias sobre o funcionamento, o dimensionamento, a parametrização, a monitoração e a manutenção de redes de comunicação.

Considerando que os IEDs estarão interconectados por redes Ethernet, o uso de switches é obrigatório e aspectos de desempenho e segurança devem ser levados em consideração no projeto do sistema. Cabe notar que os benefícios inerentes ao uso de rede são facilmente verificados, como é o caso da drástica redução do cabeamento e das obras civis relacionadas a este cabeamento. Porém, toda a estrutura de rede necessita ser verificada para garantir que o sistema seja confiável.

Esta mudança requer uma reciclagem do pessoal técnico das empresas. Nestas empresas é comum uma separação das atividades entre o pessoal responsável pela proteção e o pessoal responsável pela comunicação.

2.0 - OS SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO EM UMA SUBESTAÇÃO

Com a substituição dos cabos que interligam os diversos dispositivos da subestação por conexões de rede, todo o processo ficou extremamente dependente do sistema de comunicação. Antes da IEC 61850, em geral o sistema de comunicação na subestação resumia-se aos links de comando/supervisão do sistema SCADA e downloads de oscilografia. Os equipamentos se comunicavam por portas seriais, que normalmente não permitiam uma taxa alta de informações. Aos poucos as redes Ethernet passaram a ser utilizadas em substituição às portas seriais.

Com a IEC 61850 a rede Ethernet passou a ser o padrão para a comunicação entre dispositivos, formando os chamados barramentos de processo e de estação. Além da substituição dos tipos de portas dos equipamentos, há a necessidade também de suporte específico para o tratamento da rede a fim de incrementar a sua confiabilidade e desempenho. Os switches passaram a ser um dos mais importantes elementos da subestação. Eles são equipamentos que fazem o direcionamento de um pacote recebido em determinada porta e o envia para as portas onde estão conectados os equipamentos a quem a mensagem está destinada. Por conta desta seletividade os switches conseguem minimizar o tráfego nas portas daqueles equipamentos que não necessitam da informação. Entretanto para poder ser seletivo os switches necessitam de uma razoável capacidade de processamento para rotear cada pacote para a porta correta.

Dependendo da aplicação os switches necessitam de características especiais. Em um ambiente de escritório onde apenas computadores estão conectados e pessoas estão comunicando-se usando a rede, a infraestrutura necessária não requer uma grande confiabilidade, já que falhas momentâneas na rede não tem grande impacto e são aceitas como algo normal. Assim o custo dos equipamentos e da instalação é reduzido.

Por outro lado em um ambiente de subestação com os equipamentos trocando informações importantes para a operação da subestação, se espera que quando um equipamento envia uma mensagem para outros, ela seja considerada urgente e chegue aos demais dispositivos no menor tempo possível. Assim, a infraestrutura da rede faz toda a diferença e a escolha dos equipamentos, incluindo os switches, deve ser bastante criteriosa. Eles estarão sujeitos a perturbações relacionadas com ruídos eletromagnéticos, vibração e variações de temperatura que podem afetar a sua operação, e por consequência a confiabilidade da comunicação. [2]

Equipamentos específicos para a instalação em subestações como os relés de proteção já possuem as características de suportabilidade necessárias para este ambiente. Da mesma forma, por estarem no mesmo ambiente, os switches também necessitam de um grau de suportabilidade equivalente aos relés de proteção. Neste caso é imprescindível que estes switches sejam certificados segundo as normas internacionais para ambiente de subestação o que leva a uma diferenciação na qualidade e preço em relação aos equipamentos de uso exclusivo para escritórios.

Dependendo do número de IEDs na rede, há a necessidade de se utilizar mais de um switch, o que leva a necessidade de protocolos de gerenciamento para interligação entre eles. Essa interligação pode proporcionar uma redundância no sistema de comunicação, porém também pode criar algum tipo de atraso na rede. Além disso existem outras características no sistema de comunicação que devem ser levadas em conta. As subseções seguintes descrevem estas características.

2.1 Virtual Local Area Network (VLAN)

Uma VLAN é baseada na norma IEEE 802.1Q [3] que considera o agrupamento de IEDs formando um circuito virtual distinto dos demais. Cada grupo reconhece somente os equipamentos do seu grupo como se a rede fosse exclusiva para eles. Assim, no mesmo meio físico estão diversos equipamentos mas que logicamente podem estar separados. Isto simplifica o gerenciamento da comunicação da rede e permite criar regras para o uso do meio físico tais como o controle de banda e o estabelecimento de prioridades.

A Figura 3 ilustra um grupo de dispositivos conectados em uma rede e com distinção de tipos de mensagens entre diferentes VLANs.

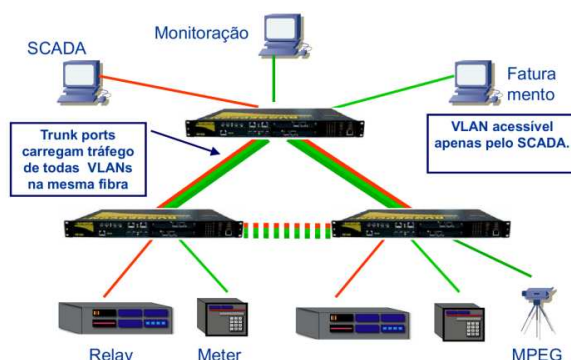


FIGURA 3: Exemplo de VLANs

Os pacotes Ethernet possuem posições específicas que indicam a configuração da VLAN a que pertence o pacote bem como o seu nível de prioridade, como mostra a Figura 4. Estas informações são tratadas pelo switch para identificar a forma de encaminhamento dos pacotes.

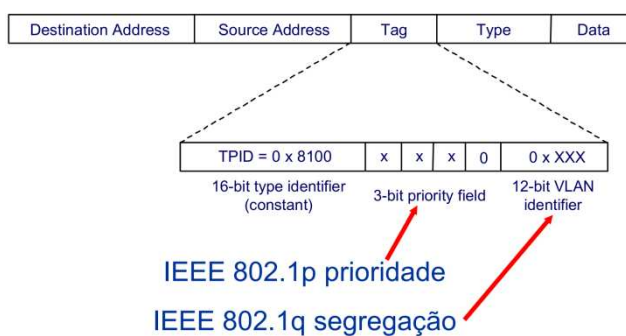


FIGURA4: Formato do pacote de VLAN

2.2 Redundância

Como as informações transmitidas na rede são de extrema importância para o sistema de proteção, é essencial que a rede seja confiável. Como subestações de energia são sistemas de tempo real críticos elas requerem alta disponibilidade da rede de comunicação, logo redundância de comunicação é um item obrigatório. Esta

característica é um importante requisito para garantir que a comunicação entre todos os IEDs continue ativa no caso de uma falha simples em algum ponto da rede (por exemplo um cabo de fibra óptica rompido).

Uma topologia simples de redundância de comunicação envolvendo vários switches é realizada por meio de uma conexão em anel entre eles, o que proporciona um segundo caminho para envio das mensagens. Paradoxalmente, esta topologia introduz um problema que pode levar ao pacote de dados circular continuamente até o anel saturar, fazendo os switches tornarem-se inoperantes [2]. Para evitar este comportamento os switches devem suportar o protocolo RSTP (RapidSpanningTreeProtocol) como descrito na norma IEEE 802.1D [4].

O princípio de funcionamento do RSTP consiste de todos os switches da LAN coletando informações sobre os outros switches, através da troca de mensagens chamadas BPDU (Bridge Protocol Data Units). A troca dessas mensagens permite a escolha automática do switch raiz e habilitar ou desabilitar portas desnecessárias no switch. O switch "Raiz" é considerado o centro lógico da rede. Todos os caminhos os quais não são necessários para atingir a "Raiz" são colocados em modo backup. Todos os switches calculam o menor caminho para a "Raiz". Cada switch pode somente ter um melhor caminho para encaminhar quadros para a "Raiz". Quando da falha de um switch, os outros switches recalculam o melhor caminho para a "Raiz". O problema desta metodologia é o tempo que leva para identificar que algo de errado aconteceu no anel e reconfigurar os switches para utilizar a rota alternativa. Este tempo é na ordem de dezenas de milissegundos. O RSTP é recomendado para redes de automação cujo tempo de recuperação de uma falha pode ser maior que 100 ms, portanto não é recomendado para tempo real crítico.

Outra forma de redundância é o Dual Homing. Nesse esquema de redundância os dispositivos possuem duas conexões com a rede através de diferentes switches. Apenas uma conexão está ativa por vez, enquanto a outra permanece em standby (configuração hot-standby). Quando uma falha na conexão ativa é detectada, o dispositivo começará a se comunicar pela outra conexão. O tempo de recuperação de falha em dual homing não é zero e dependendo da implementação pode ser de alguns milissegundos a até alguns segundos, o que não é indicado para tempo real crítico.

Ainda é possível obter redundância através de completa duplicação da rede de comunicação, que é baseada na criação de duas redes separadas, e cada equipamento possuindo duas interfaces de rede com diferentes IPs. Esse tipo de redundância possibilita elevada disponibilidade já que todas as conexões e elementos de rede são duplicados e tempo de recuperação zero. A desvantagem é o seu elevado custo e a complexidade introduzida no nível de aplicação. Cada IED deve possuir dois endereços IPs e MACs o que torna a comunicação entre os dispositivos bastante complicada, já que os equipamentos devem suportar múltiplas aplicações rodando ao mesmo tempo e têm que lidar com mensagens duplicadas.

A IEC 61850 faz referência a outros dois métodos que oferecem uma transição transparente no caso de falha nos enlaces de comunicação ou switches: O PRP (ParallelRedundancyProtocol) e o HSR (High AvailabilitySeamlessRedundancy). O suporte a estes protocolos atende aos rígidos requisitos de tempo real exigidos pelos sistemas de proteção. O PRP/HSR [5] utiliza o conceito de IED com duas portas Ethernet. Cada IED tem apenas um endereço IP e MAC os quais são compartilhados pelas duas portas, que estão enviando simultaneamente dados duplicados. A duplicação dos dados é feito na camada de enlace de dados através de uma entidade chamada "Link RedundancyEntity" (LRE), implementada em software ou hardware, o qual garante que ambas as portas sejam interpretadas pela aplicação como somente uma interface de rede. Duplicação dos dados significa que o receptor irá receber todos os quadros duas vezes. O LRE fica responsável por detectar as mensagens duplicadas e descartá-las. PRP e HSR possibilitam tempo de recuperação de falha zero, pois os dados estão sempre disponíveis nas duas portas, não sendo necessária reconfiguração em caso de falha. A principal vantagem do PRP/HSR é o fato da aplicação nem perceber a existência do LRE ou que as mensagens estão sendo duplicadas, ou seja, o protocolo é transparente para a aplicação. Existem diferenças sutis entre os protocolos PRP e HSR, mas a maior diferença é na topologia da rede. PRP funciona em qualquer topologia de rede, pois é baseado na duplicação total da mesma, já o HSR é um anel de nós, sem a presença de switches.

2.3 Segurança

Com as interconexões entre os equipamentos sendo realizadas pela rede, o controle de acesso de elementos externos a esta rede é fundamental para manter a segurança de todo o sistema. Localmente o acesso é facilitado, pois fisicamente é possível conectar qualquer equipamento no switch. Neste caso para minimizar os riscos de acesso os switches devem ter as portas não utilizadas como desabilitadas. Outra forma de proteção está na associação dos endereços MAC dos equipamentos com as portas em que estão conectadas. Estas medidas permitem evitar acessos "físicos" à rede.

Outra forma de acesso que necessita ser controlada é a remota. As subestações estão conectadas ao centro de controle (normalmente nas sedes das empresas) por meio das redes corporativas ou links de acesso direto. O bloqueio do acesso remoto passa por uma estrutura de rede confiável e completa, utilizando roteadores e especialmente o uso de firewalls, que controlam o fluxo de entrada e saída de dados e do grau de segurança desejado. Com isto o risco de invasões no barramento de processo e estação são minimizados.

3.0 - ANÁLISE DO TRÁFEGO DE REDE NO BARRAMENTO DE PROCESSO

Nos sistemas convencionais, cada dispositivo que necessita de informações de sinais de campo como tensões e correntes, estado de disjuntores, etc, possui um sistema de aquisição próprio que internamente ao dispositivo captura o sinal analógico e o converte para digital e executa as rotinas apropriadas com base nestas leituras.

No ambiente de barramento de processo, dispositivos localizados no pátio da subestação (*MergingUnits*) realizam a monitoração das grandezas e as convertem em pacotes de dados padronizados (*SampledValues*) que são enviados continuamente para uma rede Ethernet. Estes dados são então “distribuídos” para todos os elementos que necessitam destas informações. Desta forma, não há mais a necessidade de que cada dispositivo tenha o seu sistema de aquisição próprio e sim compartilhe as informações obtidas de certos dispositivos específicos que enviam mensagens para a rede.

Entretanto, o volume de dados que são gerados pelas várias *MergingUnits* na rede é bastante elevado. Segundo a convenção adotada no documento IEC61850-9-2LE, em cada *frame* são enviados os dados correspondentes a 4 canais de tensão e 4 canais de corrente e as *MergingUnits* podem enviar pacotes *SampledValues* de duas formas distintas: com o perfil de proteção e com o perfil de monitoração.

Nos pacotes com perfil de proteção o tamanho das mensagens não deverá ultrapassar 154 bytes (incluindo VLAN, CRC e SMVID) e são enviados a uma taxa de 80 frames/ciclo. Considerando um sistema elétrico com frequência nominal de 60 Hz, tem-se uma taxa de envio de 4800 frames/s, ou seja uma mensagem é enviada a cada 208 us. O *throughput* da porta de rede para este tipo de mensagem é de até 5.7 Mbit/s (721kBytes/s) para cada *Merging Unit*.

Pacotes de *SampledValues* com perfil de monitoração correspondem a um conjunto de pontos maiores (equivalente a 256 pontos/ciclo) entretanto 8 pontos são agrupados e enviados conjuntamente em um único pacote e a uma taxa menor. Estes pacotes possuem aproximadamente 800 Bytes e são transmitidos em uma taxa de 1920 frames/s. O *throughput* da porta de rede é de até 12 Mbit/s (1.5 MByte/s) para cada *Merging Unit*.

Em laboratório foi realizado um experimento para avaliar o comportamento do tráfego quando se considera um número crescente de *MergingUnits* conectadas na rede. Foi monitorado o tráfego em uma porta de rede de um switch que foi configurado para transmitir em uma única porta todos os pacotes *SampledValues* recebidos nas demais portas. Uma após a outra, até 5 *MergingUnits* enviando pacotes de *SampledValues* com perfil de proteção foram conectadas na rede e o resultado pode ser observado na Figura 5.

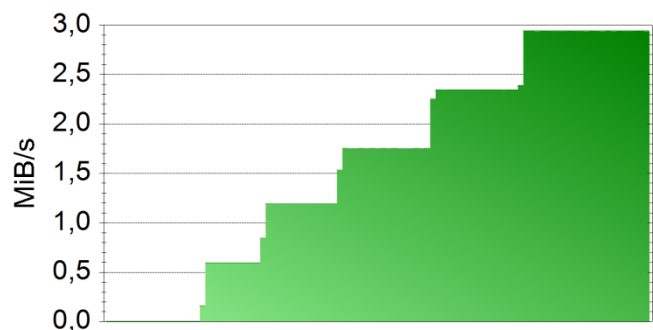


FIGURA 5 - Tráfego de rede com o aumento crescente do número de *MergingUnits* conectadas

Com base no tráfego de rede gerado com o envio dos pacotes de *SampledValues* das *MergingUnits* pode-se realizar as seguintes constatações:

- Do ponto de vista das *MergingUnits*, as suas portas de rede devem ser dimensionadas para prover um tráfego de rede menor que 100 Mbits/s
- Um dispositivo que monitore até 64 canais analógicos na rede (por exemplo um Registrador de Perturbações – Oscilógrafo) necessita ter portas de rede capazes de receber um tráfego proveniente de até 8 *MergingUnits*, ou seja, necessita suportar um *throughput* de 100 Mbit/s para o caso extremo de estarem configurados para recebimento de pacotes *SampledValues* para perfil de medição. Isto é válido desde que o dados sejam devidamente filtrados pelo switch.

Para que o tráfego nas portas de rede onde estão conectados certos dispositivos não exceda os limites é imprescindível que os switches sejam totalmente gerenciáveis de forma que:

- a. Permita a criação de VLANs e dê o devido tratamento a elas
- b. Permita a filtragem por MACs
- c. Considere a priorização de pacotes

Eventualmente os switches também podem necessitar portas com suporte a 1Gbit/s para o caso de mensagens *SampledValues* de mais de 8 equipamentos necessitarem ser transmitidas para outras subredes sem que haja filtragem de pacotes.

Por conta destas características e devido ao alto volume de informações a serem tratados, os switches necessitam ter uma alta capacidade de processamento de forma que não ocorram perdas de pacotes ou atrasos no reenvio dos pacotes para os destinatários e, por consequência, não afetem os sistemas de controle, automação e proteção da subestação.

No barramento de processo outros tipos de mensagens podem ser transmitidas/recebidas pela rede. Entre elas estão as mensagens GOOSE. Estas mensagens possuem cerca de 130 bytes e são transmitidas em uma taxa baixa (100 frames/s no caso de maior frequência). Apesar de considerar um *throughput* desprezível comparado com a dos *SampledValues*, as mensagens GOOSE necessitam ser priorizadas pelos switches de forma que os tempos de chegada aos destinatários sejam o menor possível.

4.0 -CONCLUSÕES

No cenário mundial a IEC 61850 tem se tornado referência para as novas instalações. Com uma maior quantidade de equipamentos no mercado esta tecnologia vai se tornando mais barata, o que facilita ainda mais a sua utilização em novas instalações, gerando um ciclo virtuoso.

No ambiente da IEC 61850 os switches passam a ser um dos elementos mais importantes do sistema de proteção, automação e controle de uma subestação de energia elétrica. O correto dimensionamento e configuração destes equipamentos são fundamentais para o bom funcionamento de todo o sistema. Por conta de sua aplicação eles necessitam ter características exclusivas como alto desempenho quando submetido a alto tráfego e dar priorização a determinados tipos de pacotes.

Os barramentos de processo constituem-se a mais nova onda tecnológica nos sistemas de energia. Com isso a implementação de novos empreendimentos passa a envolver não só o pessoal especializado nos sistemas de energia mas também os especializados em sistemas de comunicação. Portanto é essencial que todo o pessoal técnico envolvido esteja ciente das características, requisitos, limitações e cuidados necessários ao introduzir esta tecnologia.

Por fim, com sistemas de comunicação bem estabelecidos e equipamentos confiáveis, torna-se possível se ter uma arquitetura de proteção, automação e controle distribuída onde os diversos dispositivos físicos da subestação são interligados logicamente pelo ambiente de rede.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) IEC 61850-SER ed1.0, "Communication networks and systems in substations – All Parts", 2012
- (2) Fernandes, N. C., *et al*; "Understanding the differences between a office switch and a substation switch", Fault and Disturbance Analysis Conference, 2011
- (3) IEEE 802.1Q-2011, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks—Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks"
- (4) IEEE 802.1D-2004 "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Media Access control (MAC) Bridges (Incorporates IEEE 802.1t;-2001 and IEEE 802.1w)"
- (5) IEC 62439-3 ed2.0, "Industrial communication networks - High availability automation networks - Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR)", 2012

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Carlos Alberto Dutra é Engenheiro de Controle e Automação formado pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (1999) e mestrando do programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica da UFSC. Trabalha na REASON desde 2003. No Departamento de Inovação, trabalhou no projeto e desenvolvimento de vários equipamentos como a *Merging Unit*, o localizador de faltas por ondas viajantes, registradores de qualidade de energia e de oscilografia, relógios GPS e relés de proteção. Atualmente é o gerente da área de pesquisa e desenvolvimento da REASON.



Igor Henrique da Cruz formou-se em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2010), onde desenvolveu projetos de pesquisa nas áreas de Medição, Controle, Correção e Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. Possui experiência no desenvolvimento de sistemas embarcados, com ênfase em Sistemas de Tempo-Real. Na Reason, atua no Departamento de Inovação como Desenvolvedor de Firmware e referência técnica do produto *Merging Unit*.



Sérgio Luiz Zimath formou-se em Engenharia de Controle e Automação em 1997 na Universidade Federal de Santa Catarina. Tem trabalhado para Reason Tecnologia desde 1995 onde foi o responsável pelo desenvolvimento de diversos produtos, tais como RT1000 e RT2000 (relógios GPS), bem como do Registrador Digital de Perturbações RPIV, entre outros. Atualmente é o Diretor de Inovação, responsável pelo desenvolvimento de novos produtos, softwares e projetos de pesquisa de novas tecnologias.