



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

Fi/GTL/09
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XV

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

O PROTOCOLO DE SINCRONISMO TEMPORAL IEE1588 NO SETOR ELÉTRICO

**Carlos A Dutra(*) Sergio L. Zimath Lucas B. Oliveira Igor H. Cruz Marcelo Dalmas Higor Rachadel
Reason Tecnologia S.A.**

RESUMO

Com a adoção intensa de redes de comunicação Ethernet dentro das subestações de energia elétrica por conta da implantação da norma IEC 61850, naturalmente há uma busca por integrar protocolos que permitam obter a sincronização temporal utilizando este meio físico, tornando desnecessária a separação entre uma rede de comunicação de dados e de sincronismo.

O protocolo descrito na IEEE 1588 torna viável este conceito, entretanto devem ser observados aspectos relacionados com a segurança, topologia da rede bem como a garantia de exatidão requeridos para aplicações de tempo crítico como é o caso do barramento de processo.

PALAVRAS-CHAVE

IEEE 1588, IEC 61850, sincronismo temporal, PTP, barramento de processo

1.0 - INTRODUÇÃO

A aplicação de sincronismo temporal em subestações de energia elétrica vem crescendo rapidamente. O seu uso é essencial em aplicações como de medição fasorial (PMU) e localização de faltas por ondas viajantes, pois existe a necessidade de comparação de dados entre diversos equipamentos em locais diferentes e distantes e a exatidão das estampas de tempo são mandatórias. Entretanto a sincronização temporal está também relacionada ao monitoramento dos sistemas de proteção, não somente para os registradores de perturbação, mas também para remotas e relés de proteção. Esta sincronização permite analisar a sequência de eventos com maior facilidade e confiabilidade, sem a necessidade de ajustes manuais nos registros. Com a introdução do barramento de processo baseado em IEC 61850 [1], onde funções de proteção e as medições são realizadas em diferentes equipamentos conectados através de uma rede Ethernet, o uso de sincronismo temporal não é só uma questão relacionada à requisitos regulatórios, mas sim uma questão técnica a ser considerada. Neste contexto, o sincronismo temporal não é mais realizado por uma rede independente, mas sim, pela rede Ethernet que interconecta todos os equipamentos.

O uso de protocolos de rede para permitir o sincronismo temporal vem evoluindo com o passar do tempo e o objetivo é obter uma exatidão equivalente ou superior aos sistemas de sincronismo tradicionais que utilizam sinais elétricos (como IRIG-B ou PPS – pulso por segundo). O uso da rede como meio de sincronização também traz a vantagem de não haver a necessidade de manter duas redes distintas: uma para tráfego de dados e outra para sincronismo. O protocolo mais recente e que tem obtido os melhores níveis de exatidão é conhecido como PTP (Precision Time Protocol) e é normatizado pela IEEE 1588 [2].

Testes de interoperabilidade têm sido periodicamente promovidos pela IEEE (como é o caso do evento anual conhecido como “Plugfest” e que ocorre junto ao ISPCS - International IEEE Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control and Communication) onde é avaliada a confiabilidade dos equipamentos

e a aplicabilidade da tecnologia de forma que possa ser garantida a exatidão do sincronismo quando se utiliza uma rede Ethernet, permitindo assim a sua aplicabilidade em sistemas elétricos.

Este artigo apresenta as características do protocolo PTP para a aplicação em subestações de energia. Na seção 2 são tratadas de forma geral as formas de sincronização temporal, incluindo o PTP. A seção 3 faz a associação da norma IEC 61850, o barramento de processo e os impactos da sincronização temporal nestes sistemas. A seção 4 relaciona as características necessárias para a rede de comunicação e a sincronização temporal, e por fim a seção 5 traz as conclusões.

2.0 - OS MÉTODOS TRADICIONAIS PARA SINCRONIZAÇÃO TEMPORAL E O PTP

A grande variedade de soluções existentes para a sincronização de equipamentos em instalações elétricas gera confusão aos técnicos das empresas do setor elétrico devido à falta de uma padronização, especialmente para equipamentos mais antigos. Estes equipamentos incluem soluções como:

- Cabos seriais RS232 ou RS485 com transmissão de frames proprietários;
- Pulsos como PPS ou PPM em distintos níveis elétricos;
- Sincronização com protocolo IRIG-B, tanto óptico quanto elétrico, modulado ou não;
- Sincronização por NTP/SNTP;
- Sincronização usando o protocolo PTP.

A sincronização por IRIG-B é o mais comumente utilizado em subestações de energia e supre a necessidade de precisão da ordem de um microssegundo, mas é necessário bastante detalhamento no projeto para que esta precisão seja atendida. Além disso, devem ser observadas questões de arquitetura como a topologia em que vários equipamentos são ligados a um relógio, utilização de distribuidores e transceivers, isolamento elétrica e outros.

A sincronização utilizando o protocolo NTP/SNTP (Network time protocol/Simple Network time protocol) foi a primeira tentativa viável de se obter sincronização temporal entre os equipamentos da subestação utilizando a rede Ethernet. Por conta das características do protocolo, notou-se que não era possível alcançar exatidões equivalentes aquelas comumente obtidas com o uso do IRIG-B, entretanto tornou-se especialmente útil em aplicações cuja exatidão requerida eram da ordem de centenas de microssegundos até um milissegundo, como é o caso de registros de sequenciais de eventos para relés de proteção.

O protocolo PTP surgiu da necessidade da indústria de automação em obter dados sincronizados com elevada precisão, tendo sua primeira versão sido publicada pela IEEE em 2002. Em 2008 foi publicada a versão 2 da norma com o objetivo de abranger necessidades de outras aplicações, particularmente telecomunicações, através de um protocolo padronizado.

O principal diferencial do PTP em relação ao NTP é que ele prevê o suporte por hardware para estampas de tempo que são transmitidas e recebidas, sendo, desta forma, imune aos atrasos de processamento nos relógios, switches e IEDs clientes, permitindo atingir precisão de poucas dezenas de nanossegundos, desde que as implementações em todos os elementos da cadeia estejam trabalhando com este nível de precisão.

2.1 PTP

O PTP é um protocolo com características que permite compensar atrasos nos cabos, e que, com suporte pelo hardware, pode alcançar precisões na ordem de dezenas de nanossegundos sem a necessidade de uma rede específica para este fim. Por esta razão, o seu uso vem sendo fortemente utilizado em sistemas de telecomunicações, que requerem extrema estabilidade e exatidão.

Em sistemas de energia, o uso do PTP não é tão massivo, entretanto com a incorporação dos conceitos de IEC 61850, barramento de processo e necessidade de redução dos custos de infraestrutura e de instalação, este cenário deve mudar rapidamente, bem como, devem ser alterados os requisitos para a sincronização temporal.

O protocolo PTP é baseado em uma arquitetura cliente servidor em que mensagens são trocadas para determinar o offset e o atraso relativo ao tráfego na rede entre os relógios dos clientes em relação ao servidor.

Para sincronizar o relógio do cliente em relação ao do servidor é necessário ajustar a frequência dos relógios e compensar o offset entre eles. Para ajustar a frequência, são enviadas continuamente mensagens de Sync, conforme mostrado na Figura 1. Se o relógio mestre não possuir suporte para enviar a estampa de tempo t_1 na própria mensagem Sync, é enviada então uma segunda mensagem Follow_up contendo a estampa de tempo t_1 . O cliente recebe a mensagem Sync e guarda a estampa de tempo t_2 do momento da chegada. A frequência do relógio do cliente é ajustada de forma que o intervalo entre o envio das sucessivas mensagens Sync sejam iguais ao intervalo entre suas recepções, ou seja:

$$t_1^{k+1} - t_1^k = t_2^{k+1} - t_2^k$$

Para o ajuste do offset entre os relógios dos clientes e o relógio do servidor, é necessário se medir o tempo de atraso do tráfego de mensagens na rede (round trip time). Para tanto, o cliente envia mensagens de Delay_Req para o servidor, guardando o momento de envio t_3 , e o servidor responde com a mensagem Delay_Resp, contendo a estampa de tempo t_4 do momento da recepção da mensagem Delay_Req pelo servidor. Considerando que os tempos de envio e resposta são simétricos, então se pode calcular o atraso e o offset como:

$$\text{Delay} = [(t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)] / 2$$

$$\text{Offset} = [(t_2 - t_1) - (t_4 - t_3)] / 2$$

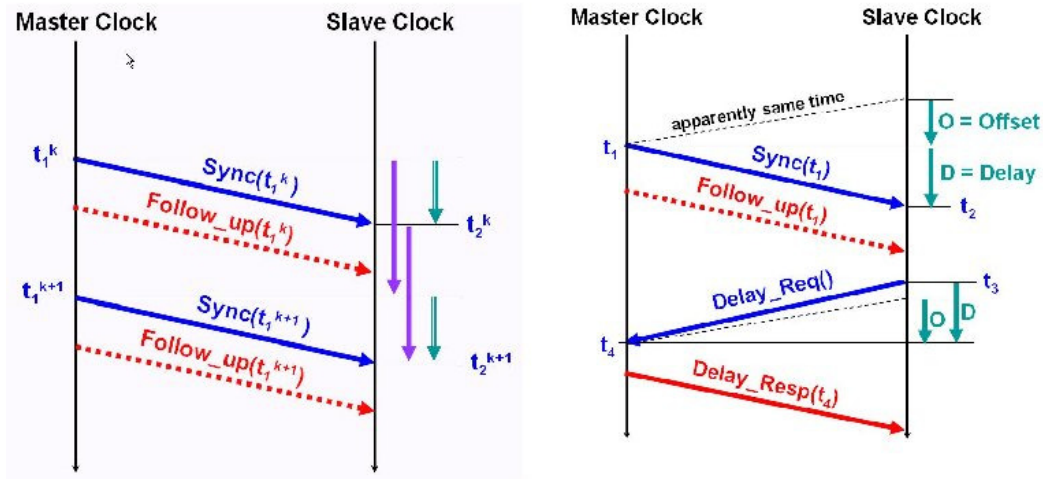


FIGURA 1 – Diagrama de tempo das mensagens do protocolo PTP

Para que o protocolo PTP alcance precisão abaixo de microssegundos, é necessário que todos os elementos de rede (relógio, switches e clientes) possuam suporte ao protocolo PTP em hardware. Esse suporte consiste na captura e geração de estampas de tempo diretamente na interface de rede. Figura 2 mostra o funcionamento do protocolo PTP quando assistido por hardware:

- Quando o relógio envia o pacote com a estampa de tempo T_0 , essa só é adicionada ao pacote no momento em que a interface de rede o envia, evitando assim os atrasos ocorridos pela espera de processo mais prioritários e das camadas de protocolos de comunicação;
- No switch, é cronometrada a variação do tempo de chegada até o tempo de saída (Δt), sendo essa compensada ou informada no pacote que sai do switch;
- Por último, no cliente, o hardware guarda o momento em que o pacote chega à interface de rede, disponibilizando-o para quando o processo PTP necessitar.

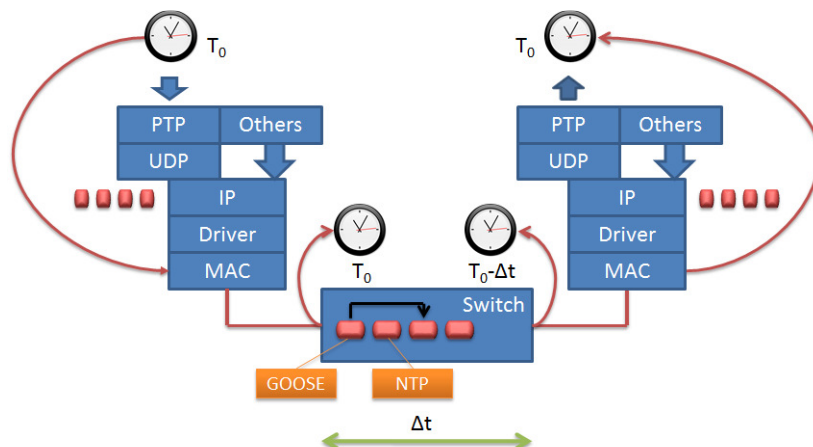


FIGURA 2 – Diagrama de auxílio de hardware do protocolo PTP

2.2 Profiles

A norma IEEE 1588 está na sua segunda versão e uma nova revisão está em curso. Como a aplicação específica desta norma é diferente para os ambientes em que são destinados, foram criados perfis específicos com a finalidade de adequá-la a estas aplicações. O “*Telecom Profile*” é utilizado em ambientes voltados para telecomunicações, especialmente relacionados a redes mais amplas. Para tratar dos aspectos de sincronismo específicos para equipamentos em uma rede em ambientes relacionados à sistemas de energia foi criado o “*Power Profile*”. Os parâmetros e opções são definidos para permitir que os requisitos de sincronismo por meio de arquiteturas de rede sejam apropriados para os sistemas de proteção, automação e controle dos sistemas de energia que são classificados como de missão crítica.

O *profile* especifica um subconjunto dos mecanismos e parâmetros da IEEE 1588, objetivando a interoperabilidade entre os dispositivos, uma resposta robusta à falhas, e o controle determinístico da qualidade do tempo.

Recentemente iniciou-se a discussão sobre um outro profile voltado para aplicações em sistemas de energia: o “*utility profile*”. A ideia fundamental é a inclusão de aspectos não claramente especificados e que de certa forma permanecem conflitantes no “*power profile*”. Um exemplo está relacionado ao método de gerenciamento do sincronismo em redes redundantes.

3.0 IEC 61850 E O BARRAMENTO DE PROCESSO

Com a adoção de redes de comunicação Ethernet em larga escala nas subestações, ocasionada principalmente pela implantação da norma IEC 61850, ficou evidente que a maneira mais simples para distribuição do sinal de tempo naquelas instalações seria baseada em soluções utilizando a infraestrutura de comunicação já disponível. No entanto, os protocolos disponíveis neste tipo de rede (em especial, TIME, DATE, NTP e SNTP) não atendiam plenamente os requisitos de precisão temporal impostos pelos equipamentos de supervisão e controle das subestações. Adicionalmente, a adoção do protocolo de sincronização SNTP como padrão da norma IEC 61850 provocou diversos problemas operacionais nas subestações, pois este protocolo é incapaz de compensar todos os atrasos de tempo existentes nas redes com as arquiteturas usadas nestas instalações (como anel, duplo anel, etc.), sendo que o tráfego de dados com prioridades distintas é significativamente afetado (nas redes IEC 61850, as mensagens GOOSE - Generic Object Oriented Substation Events, por sua filosofia de concepção, possuem prioridades diferentes).

Como mostrado em [3], no conceito da IEC 61850 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*. A Figura 3 ilustra esta arquitetura.

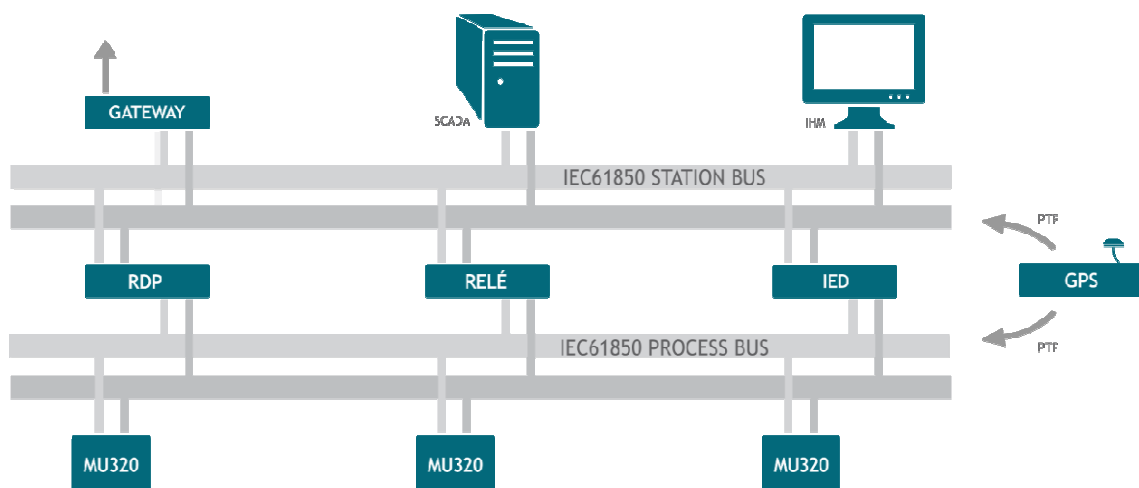


FIGURA 3 – Arquitetura de rede básica nas subestações de energia segundo a IEC 61850

Com a implementação de características relacionadas a sistemas de tempo-crítico estendidas da sala de relés para o barramento de processo, o sincronismo temporal passa a ser essencial para todos os equipamentos relacionados

ao sistema de proteção da subestação. Na arquitetura do barramento de processo um conjunto de IEDs (Intelligent Electronic Devices) compartilham a rede de comunicação para trocar informações e operar o sistema de proteção em tempos equivalentes aos historicamente obtidos com sistemas tradicionais baseados em interligação por fios.

As *merging units* instaladas no pátio da subestação capturam os sinais de tensão e corrente provenientes dos transformadores de potencial (TP) e de corrente (TC) e enviam as medições para a rede utilizando mensagens padronizadas pelo protocolo IEC 61850-9-2LE, chamadas de *sampled values*. Estas mensagens são recebidas por outros IEDs como, por exemplo, os relés de proteção, que processam estas informações e enviam comandos de “trip” para a rede utilizando mensagens GOOSE. As *merging units* recebem estas mensagens e atuam nos disjuntores.

As funções executadas pelos diferentes IEDs são realizadas em tempo real. A estampa de tempo nos pacotes de *sampled values* necessita ser precisa e a estabilidade do sistema de aquisição das *merging units* está intimamente relacionada à exatidão de todo o sistema de sincronização, que agora envolvem o servidor de tempo (relógio de referência), os equipamentos sendo sincronizados e a estrutura da rede (*switches*). Todos os elementos necessitam estar devidamente em conformidade com os requisitos do PTP para que não haja imprecisão no funcionamento do sistema.

A atualização de instalações antigas para a abordagem IEC 61850 está se tornando habitual e o uso do protocolo PTP como o método de sincronização de tempo é naturalmente considerado. No entanto, é imperativo que a infraestrutura da rede esteja adequada aos requisitos do PTP.

4.0 CONSIDERAÇÕES SOBRE SINCRONISMO E ESTRUTURA DE COMUNICAÇÃO EM SUBESTAÇÕES

4.1 Modernização de subestações

Com a adoção da norma IEC 61850 todos os dispositivos que compõe o sistema de proteção, automação e controle da subestação estão intrinsicamente associados às estruturas de rede. O sincronismo também é parte essencial. O protocolo PTP está intimamente ligado a este contexto. Novas subestações já estão sendo construídas neste conceito. Outras subestações estão passando por processo de modernização gradual e nem sempre é possível realizar a troca integral de todos os equipamentos.

Para a implantação do PTP é minimamente necessário que se tenha uma estrutura de rede adequada, com *switches* que suportam o protocolo e de relógios de referência que forneçam as informações de tempo de forma adequada e com a exatidão necessária para a aplicação. Os dispositivos a serem sincronizados podem ou não ter o suporte ao PTP. Para equipamentos ditos legados, que não tem este suporte e que são sincronizados unicamente com sinais elétricos como o IRIG-B, a integração do sincronismo pela rede pode ser alcançada utilizando equipamentos conversores de PTP para sinais elétricos instalados próximos aos equipamentos a serem sincronizados, normalmente em trilhos DIN e sem ocupar espaço significativo nos painéis existentes.

4.2 Gerenciamento de redes utilizando VLAN

Uma VLAN (Virtual Local Area Network) é baseada na norma IEEE 802.1Q [4] 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 isolados. 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.

Os pacotes Ethernet possuem campos específicos que indicam a configuração da VLAN a que pertencem, bem como o seu nível de prioridade. Estas informações são tratadas pelo *switch* para identificar a forma de encaminhamento dos pacotes.

O uso de VLANs é previsto pelo protocolo PTP e os *switches* devem ser capazes de rotear os pacotes PTP para os equipamentos identificados nestes grupos.

4.3 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).

Diferentes topologias de redundância de comunicação podem ser implementadas para garantir a obtenção de caminhos alternativos para a troca de mensagens em uma rede. Um exemplo destas topologias é a baseada em anel circular e no uso do protocolo RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol). O RSTP é recomendado para redes de

automação cujo tempo de recuperação de uma falha pode ser maior que 100 ms. Outra forma de redundância é o *Dual Homing* onde os dispositivos possuem duas conexões com a rede através de diferentes *switches*. Apenas uma conexão está ativa por vez, enquanto a outra permanece em espera (configuração *hot-standby*). Quando uma falha na conexão ativa é detectada, o dispositivo começará a se comunicar pela outra conexão. Devido ao tempo de recuperação da rede não ser zero nestas arquiteturas, estas formas de redundância não são recomendadas para as aplicações de tempo real crítico, como é o caso do barramento de processo.

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 (Parallel Redundancy Protocol) e o HSR (High Availability Seamless Redundancy) [5]. O suporte a estes protocolos atende aos rígidos requisitos de tempo real exigidos pelos sistemas de proteção. O PRP/HSR utiliza o conceito de IED com duas portas Ethernet. A integração do PTP com este tipo de redundância depende da tecnologia que cada fabricante emprega na sua implementação. O gerenciamento dos pacotes duplicados dentro do equipamento é fator decisivo na obtenção de uma boa exatidão. A redundância por PRP se apresenta como uma solução mais viável de ser implementada em subestações, pois pode ser utilizada conjuntamente com equipamentos que não possuem o suporte a este protocolo de redundância. No caso da redundância em anel HSR, tanto a referência de tempo (*master*) quanto os equipamentos a serem sincronizados (*slaves*) necessitam ter suporte ao protocolo de redundância. Cada um dos equipamentos do anel HSR deve comportar-se como um *switch* e devem ter a capacidade de realizar as compensações de atrasos entre os equipamentos adjacentes.

No caso do sincronismo por PTP, a redundância também pode ser alcançada pelo incremento do número de relógios de referência (*masters*) na rede. O protocolo PTP considera a eleição do melhor relógio da rede (*Best Master Clock – BMC*). Ao entrar ou sair um novo *master* na rede, automaticamente é executada a escolha do novo relógio de referência. Desta forma, caso um dos relógios de referência apresentem alguma falha, um outro automaticamente assume o seu posto e o sistema se mantém em sincronismo.

4.4 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 é minimizado.

Com a IEC 61850 os relógios de referência de tempo são pontos sensíveis na segurança de todo o sistema. Além do uso de múltiplos *masters* na rede, a proteção das fontes de sincronismo pode se dar pelo uso de relógios com capacidade de sincronizar diferentes tipos de sistemas baseados em satélites. O mais comumente utilizado é o sistema GPS (Global Positioning System) que é mantido pelo governo americano. Entretanto existem outros sistemas baseados em satélites como é o caso do GLONASS (russo), Beidou (chinês) e o Galileo (europeu). Relógios com capacidade de sincronização com diferentes sistemas são mais imunes a eventuais falhas em um determinado sistema, bem como não são afetados pela redução do número de satélites visíveis.

Outra característica importante para a segurança do sistema de sincronismo nas subestações está ligada a imunidade dos relógios a interferências provocadas por sistemas que causam perturbações intencionais nos sinais provenientes dos satélites. Relógios de referência com características de *anti-jamming* permitem minimizar o risco de ataques desta natureza.

5.0 CONCLUSÕES

Subestações de energia estão pouco a pouco migrando para uma abordagem IEC 61850 e neste contexto é essencial que sejam observados alguns requisitos básicos para a sua implantação. A sincronização temporal é ponto fundamental para o bom funcionamento de todo o sistema de proteção, automação e controle da subestação, pois nesta abordagem os dados de medições do pátio da subestação são associados à mensagens na rede com estampas de tempo específicas e que são utilizados por vários equipamentos para a determinação de ações a serem tomadas com respeito a integridade do sistema elétrico.

O sincronismo baseado no protocolo descrito pela norma IEEE 1588 (PTP) contempla os mecanismos de comunicação exigidos para a rede bem como propicia os níveis de exatidão requeridos. Aliando aspectos de segurança e topologias apropriadas, o PTP é uma alternativa viável para a aplicação em ambientes críticos como

é o caso das subestações.

Com a adoção de conversores de PTP para sinais elétricos tradicionais como o IRIG-B, a sua aplicabilidade na modernização parcial de sistemas, onde não há a troca de certos equipamentos específicos que dependem de sincronização, como por exemplo equipamentos de proteção, torna mais rápida a transição para o novo conceito. Assim, é possível afirmar que a médio prazo não haverá a necessidade de divisão entre redes de comunicação e redes de sincronização dentro das subestações de energia.

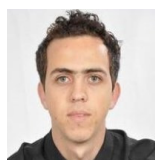
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) IEC 61850-SER ed1.0, “Communication networks and systems in substations – All Parts”, 2012
- (2) IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems, IEEE Std 1588, 2008
- (3) DUTRA, C.A.; CRUZ, I.H.; ZIMATH, S.L.; “CARACTERÍSTICAS DO BARRAMENTO DE PROCESSO EM UMA REDE DE COMUNICAÇÃO BASEADA EM IEC61850”, XXII SNPTTEE, 2013
- (4) IEEE 802.1Q-2011, “IEEE Standard for Local and metropolitan area networks—Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks”
- (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

7.0 DADOS BIOGRÁFICOS



Carlos Alberto Dutra é Engenheiro de Controle e Automação formado pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (1999). 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/Alstom.



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.



Marcelo Dalmas graduou-se em Engenharia de Controle e Automação em 2002 pela Universidade Federal de Santa Catarina. Tem trabalhado para Reason Tecnologia desde 2005 onde participou do desenvolvimento de diversos produtos, tais como Registrador Digital de Perturbações, relógios GPS, relés de proteção, *Merging Units*, entre outros.



Lucas Oliveira é graduado em Engenharia Elétrica pela UFSC, mestre em Automação e Sistemas pela UFSC e atualmente é gerente de Marketing na Reason/Alstom.



Higor Rachadel é graduado em Engenharia Elétrica. Possui experiência no desenvolvimento de sistemas embarcados. Ttrabalha na Reason desde 2013 e atua como líder técnico dos produtos da linha de referência temporal da Reason/Alstom..