



**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 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS
ELÉTRICOS**

UTILIZAÇÃO DO PTP (PRECISION TIME PROTOCOL) NA IEC 61850-9-2

**Maurício Menon(*)
ITAIPU BINACIONAL**

**Ângelo Mibielli
ITAIPU BINACIONAL**

**Suzana Mensch de Carvalho
LASSE**

RESUMO

Muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas sobre a utilização da norma IEC 61850 para permitir a interoperabilidade entre IEDs (*Intelligent Electronic Devices*) através do uso de uma rede de automação. Um dos pontos importantes relacionados à integração destes equipamentos é uma sincronização que garanta que os mesmos estarão operando com uma mesma referência de tempo. Considerando sistemas de proteção, a sincronização é extremamente útil para algumas funções como, por exemplo, a diferencial, e também é necessária quando se deseja realizar uma análise comparativa dos registros dos equipamentos inseridos nesta rede. Além disso, pode-se ressaltar a importância da sincronização no processo de medição fasorial, que, por ser considerado crítico, necessita de precisão melhor do que microssegundos. Este trabalho tem como objetivo apresentar os requisitos para utilização do protocolo PTP (*Precision Time Protocol*) em redes IEC 61850, especialmente no caso do barramento de processo (IEC 61850-9-2).

PALAVRAS-CHAVE

PTP, IEC 61850-9-2, IEEE 1588, Sincronismo, IEEE C37.238, IEEE C37.118

1.0 INTRODUÇÃO

Não é difícil perceber que o desenvolvimento de novas tecnologias, com desempenho superior às antigas na área de telecomunicações e informática, em muitos casos está relacionado ao fornecimento de melhores relógios. Isto é verificado, por exemplo, no processador de um computador e na transmissão de dados em uma fibra óptica ou redes de dados. Naturalmente, tais avanços do conhecimento são refletidos na área de automação, na qual a norma IEC 61850, além de agregar muitas tecnologias de alto desempenho já existentes, é flexível o suficiente para absorver novos desenvolvimentos.

A norma IEC 61850 trouxe uma grande inovação ao propor a transmissão dos sinais provenientes de transformadores de corrente e tensão como valores amostrados num barramento de processo. A norma IEC 61850-9-2 apresenta os requisitos deste barramento de processo, no qual a precisão da sincronização das amostras é altamente crítica para a correta medição dos sinais de corrente e tensão. Fala-se na transmissão dos valores amostrados (do inglês *Sample Values*) que são utilizados, por exemplo, por equipamento de proteção.

2.0 IEC 61850 E PTP

2.1 IEC 61850

Uma transformação tecnológica nas plantas elétricas vem ocorrendo nas últimas três décadas. Os sistemas têm evoluído tecnologicamente modificando antigas crenças e paradigmas. Da geração de energia a transmissão

incluindo as subestações, diversas são as modificações tecnológicas observadas. No início os sistemas eram totalmente mecânicos. Evoluíram de elementos e sistemas mecânicos, para elementos e sistemas eletro-mecânicos, depois para sistemas eletrônicos que em seguida se tornaram sistemas micro processados e interligados por comunicação. Várias funcionalidades puderam ser criadas e agregadas nestes sistemas micro processados.

Uma vez que os sistemas e equipamentos foram evoluindo e os níveis de tensão empregados foram aumentando cada vez mais houve a necessidade de supervisão e monitoração. Uma multiplicação de elementos a serem monitorados passaram a ter grande importância nos diversos sistemas e equipamentos.

Interligar todos os sistemas e equipamentos supervisionando, monitorando, comandando, controlando, ... muitas vezes em sistemas independentes e sem sincronismo entre estes equipamentos e sistemas tornou-se um problema para analisar e solucionar problemas observados. Logo percebia-se uma carência na padronização na implementação dos projetos para as plantas elétricas. A conectividade entre os sistemas, bem como a implementação necessitavam de uma padronização que atendesse desde a cadeia produtiva até o usuário final. A norma IEC 61850 foi criada para atender essa necessidade [1].

A norma IEC 61850 abrange vários aspectos da arquitetura de comunicação e interação entre os dispositivos de plantas elétricas. Foi desenvolvida inicialmente para subestações e atualmente é aplicada nas mais diversas plantas elétricas. A IEC 61850 consiste em 10 partes, sob o título geral de *Communication networks and systems in substations*. São estas as partes da atual norma:

IEC61850-1: Introdução e Visão Geral

IEC61850-2: Glossário

IEC61850-3: Requisitos Gerais

IEC61850-4: Sistemas e Gerenciamentos de Projetos

IEC61850-5: Requisitos de comunicação para as funções e os modelos de dispositivos

IEC61850-6: Configuração linguagem de descrição para a comunicação em subestações de energia elétrica relacionadas com IEDs

IEC61850-7-1: A estrutura básica de comunicação para subestação e equipamentos - Princípios e Modelos

IEC61850-7-2: A estrutura básica de comunicação para subestação e equipamentos - Resumo interface de serviço de comunicação (ACSI)

IEC61850-7-3: A estrutura básica de comunicação para subestação e equipamentos - Classes de dados comuns

IEC61850-7-4: A estrutura básica de comunicação para subestação e equipamentos - Classes de dados comuns – Classes de Nós Lógicos e Classes de Dados compatíveis

IEC61850-7-410: As redes de comunicações e sistemas de automação de Sistemas Elétricos - Parte 7-410: Usinas hidrelétricas - Comunicação para monitoração e Controle

IEC61850-8-1: Mapeamento de serviços específicos de comunicação (SCSM) - Mapeamentos para MMS (ISO / IEC 9506-1 e ISO / IEC 9506-2) e ISO / IEC 8802-3

IEC61850-9-1: Mapeamento de serviços específicos de comunicação (SCSM) – Valores Amostrados sobre serial multiponto unidirecional conexão ponto a ponto

IEC61850-9-2: Mapeamento de serviços específicos de comunicação (SCSM) – Valores Amostrados sobre ISO/IEC 8802-3

IEC61850-10: Teste de performance

Algumas evoluções como a IEC61850-7-410 vieram para atender as necessidades específicas de Usinas Hidrelétricas, outra evolução em avaliação da Norma IEC61850 ainda está na forma de *Draft IEC TR 61850-7-510: IEC61850-7-510: Usinas hidrelétricas - Modelagem de conceitos e orientações* (desenvolvido pelo Grupo de Trabalho 18: Usinas hidrelétricas, comunicação para monitoração e controle).

Na busca por um padrão de conectividade, mais que uma definição de protocolo de comunicação, A IEC61850 busca atender exigências fundamentais para seus “*Stackholders*”, tais como:

- Interoperabilidade - A habilidade dos IEDs de um ou diversos fabricantes em trocar informações e utilizar as informações para suas próprias funções;
- Livre configuração - A norma deve suportar diferentes filosofias e permitir uma livre alocação de funções, isto é, deve trabalhar igualmente para conceito centralizado (com RTU) ou descentralizado (SCS);
- Estabilidade de longo prazo - A norma deve ser à prova de futuro, isto é, deve estar apta a seguir o progresso na tecnologia da comunicação assim como a evolução das exigências do sistema [2];

Em uma planta elétrica os sistemas e equipamentos elétricos, eletromecânicos e/ou mecânicos, conectados em alta, média ou baixa tensão, que necessitem trocar informações em uma rede IEC61850, necessitam de um IED correspondente ao equipamento ou sistema. Vamos pegar como exemplo um disjuntor em alta tensão, este necessita informar a rede suas características, suas informações de operação, seu status e suas ações. Bem como falhas atribuídas ao mesmo. O IED “*Intelligent Eletronic Device*” tem a função de ser está interface.

2.2 IED

Um IED, dispositivo eletrônico inteligente, é o termo usado na indústria de transmissão e geração energia elétrica, para descrever controladores baseados em microprocessadores de equipamentos de sistema de energia, como dispositivos de proteção elétrica e de automação dos diversos equipamentos de uma subestação, bem como os diversos equipamentos de uma usina hidroelétrica.

Os IEDs mais recentes são projetados para suportar o padrão IEC 61850 para automação de subestações, que fornece interoperabilidade e recursos avançados de comunicações.

Os IEDs podem ser equipamentos dedicados a específicas funções de proteção ou automação, permitindo agregar ou programar funções adicionais ou equipamentos que sejam totalmente programáveis para as funções de proteção, lógicas, automatismos e malhas de controle.

A plataforma de *hardware* de um IED deve atender aos requisitos mais severos para a indústria de transmissão e geração de energia. A programação de um IED pode ocorrer em níveis distintos e seguindo normas como IEC 61131, programação por diagramas de blocos, e IEC 61850 para a comunicação e interfaces entre os IEDs.

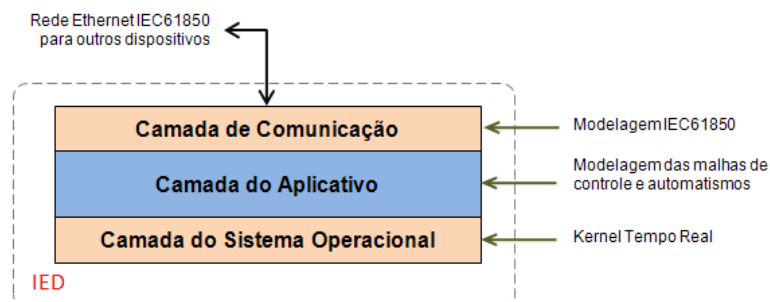


FIGURA 1 - IED: *Intelligent Electronic Device*

Observe na Figura acima que a norma IEC C61850 define a interface de comunicação (camada de comunicação) e a norma IEC 61131 define a programação dos algoritmos de proteção, controle, regulação e automação na camada de Aplicativo. Na camada de comunicação insere-se as formas para sincronizar o relógio interno do equipamento. Muitas são as tecnologias para sincronizar um equipamento, aqui abordaremos somente as tecnologias que trafeguem sobre a rede *Ethernet* tal qual utilizada pela norma IEC61850 [1].

2.3 Necessidade de Sincronismo

No passado o sincronismo temporal era baseado em uma única referência local pouco precisa, em uma planta elétrica com um número cada vez maior de sistemas e equipamentos microprocessados que geram informações para serem analisadas, tornou-se necessária a comparação destes dados, mas para comparar era fundamental que os equipamentos e sistemas estivessem sob um mesmo regime de tempo, isto é, estivessem sincronizados.

Sem sincronismo de tempo não é possível analisar um evento que ocorra em uma planta elétrica, bem como atrasos no sincronismo entre os equipamentos e sistemas.

Inicialmente o sincronismo foi aplicado na análise de registros de eventos de sinais analógicos ou contínuos e de registros de sinais digitais ou discretos, através de equipamentos que reuniam estes sinais para o registro.

A medida que a grande maioria dos equipamentos em uma planta elétrica passa a ter seus sinais processados de forma digital, muitas vezes junto ao equipamento, e se conectando através de redes de alta performance, aumenta a necessidade de sincronismo no equipamento. A utilização de sincronismo associada a aquisição de sinais diretamente junto aos TCs e TP's de uma planta elétrica, gerou novas necessidades de sincronismo. Transmitir sinais amostrados e sincronizados diretamente destes equipamentos através de um barramento de dados (rede) é definido na IEC 61850-9-2. O *process bus* IEC 61850-9-2 necessita de um processo de amostragem altamente preciso para sensores de corrente e tensão. O IRIG-B atende os requisitos de desempenho, ao custo de uma rede separada, sem integração. O NTP, apesar de poder utilizar a mesma rede, dificilmente atinge o desempenho requerido [3].

2.4 Sincronismo no setor elétrico

O setor elétrico tem necessidades especiais no fornecimento de sincronismo para os equipamentos, especialmente os relacionados a proteção. O perfeito sequenciamento de eventos em uma falta é vital para compreendê-la posteriormente. Uma solução amplamente utilizada (ano base 2011) é o IRIG-B. Requer uma rede separada somente para o sincronismo. Em condições controladas pode ter desempenho para aplicações críticas como PMU (*Phasor Measurement Unit* - IEEE C37.118) [4].

O conceito de utilização de uma única infraestrutura de rede, presente na IEC 61850, trouxe a possibilidade de distribuição de sincronismo através de redes *Ethernet* em redes de automação, proteção e controle. Protocolos maduros, como o NTP (*Network Time Protocol*) desenvolvido por Mills nos anos 80 [6], e novas tecnologias, como o PTP (*Precision Time Protocol*), desenvolvido no final dos anos 90, podem utilizar estas redes.

O NTP funciona de maneira simples e elegante. Foi desenvolvido para distribuição de informação de tempo via Internet de modo a ocupar pouca banda e depender de poucas trocas de mensagens mantendo um nível de acurácia razoável. Várias melhorias foram adicionadas com o passar dos anos, novos algoritmos e ferramentas de segurança implementados. O NTP possui desempenho típico na faixa de milissegundos em LANs [7]. O PTP possui desempenho típico na faixa de dezenas de nanossegundos [8], aliado a baixa complexidade funcional.

A descrição detalhada de possíveis técnicas que otimizam o desempenho no NTP é feita na *webpage* mantida por David L. Mills [9].

A norma IEEE C37.118 de 2005 foi mantida na última revisão e novos avanços estão sendo incluídos na norma IEC 61850-90-5 (Utilização da IEC 61850 para transmitir informação fasorial de acordo com a IEEE C37.118). O PTP é definido na norma IEEE 1588 (2008) mas novos avanços estão sendo realizados na norma IEEE C37.238, que define um novo *profile* para o funcionamento do PTP em Sistemas de Potência, incluindo os avanços relacionados ao PMU e a 61850-9-2 [10], todos utilizando a *Ethernet*.

Em geral sincronismos realizados na unidade de processamento funcional como, por exemplo, uma função de proteção elétrica, não requer um sincronismo muito apurado, isto é, abaixo de 1ms.

Com o advento da IEC61850 onde a IEC61850-9-2 define o barramento de processo (*Process Bus*) e o barramento de estação (*Bus Station*) na IEC61850-8. Equipamentos como por exemplo a "*Merge Unit*", que processam sinais de tensão e corrente e também sincronizam para depois transmitir os mesmos no barramento de estação necessitam de sincronismo mais apurado.

2.5 PTP – Precision Time Protocol

O PTP foi criado para utilização em sistemas de teste e medição no final da década de 90. A segunda versão, publicada em 2008 (IEEE 1588 - 2008), trouxe importantes avanços como novos tipos de relógios que aumentaram o desempenho do protocolo e permitiram novas áreas de aplicação.

O PTP funciona através da construção de uma hierarquia de sincronismo [5]. Isto é feito através da troca de mensagens entre portas de relógios. Para envio das mensagens, o PTP utiliza o *multicast*. O envio de mensagens PTP pode ser realizado utilizando a *Ethernet* (IEEE 802.3). A marcação do tempo (*timestamp*) no qual as mensagens chegam e saem das interfaces dos relógios permite a computação do *offset* em relação à referência de tempo.

Existem diferentes tipos de relógio, com comportamentos e mesmo mensagens específicas. Os relógios PTP chamados transparentes podem computar o tempo que as mensagens gastam no relógio além do tempo gasto no caminho. Relógios podem possuir várias interfaces e conectar diferentes tipos de rede PTP, segundo a norma IEEE 1588.

O principal algoritmo presente define o estado das portas como mestre ou escravo. A escolha do principal relógio do domínio PTP, chamado *grandmasterclock*, é realizada através da negociação de estados das portas. Outros algoritmos corrigem o atraso de propagação. O PTP produz os melhores resultados quando implementado na

camada física [5].

O PTP possui *profiles* que permitem a escolha dos atributos e funcionalidades referentes ao funcionamento da rede de sincronismo. O *profile* contém os critérios de eleição do *grandmasterclock*, opções de gerenciamento, mecanismo de compensação do *path delay*, valores de atributos, mecanismos de transporte, tipos de nó e demais opções. Cada seleção específica um sistema que funciona sem intervenção do usuário.

A figura 2, a seguir, contém o resultado típico do funcionamento do PTP em uma rede com baixa e alta ocupação de sua capacidade. O ambiente detalhado de teste esta presente em [8].

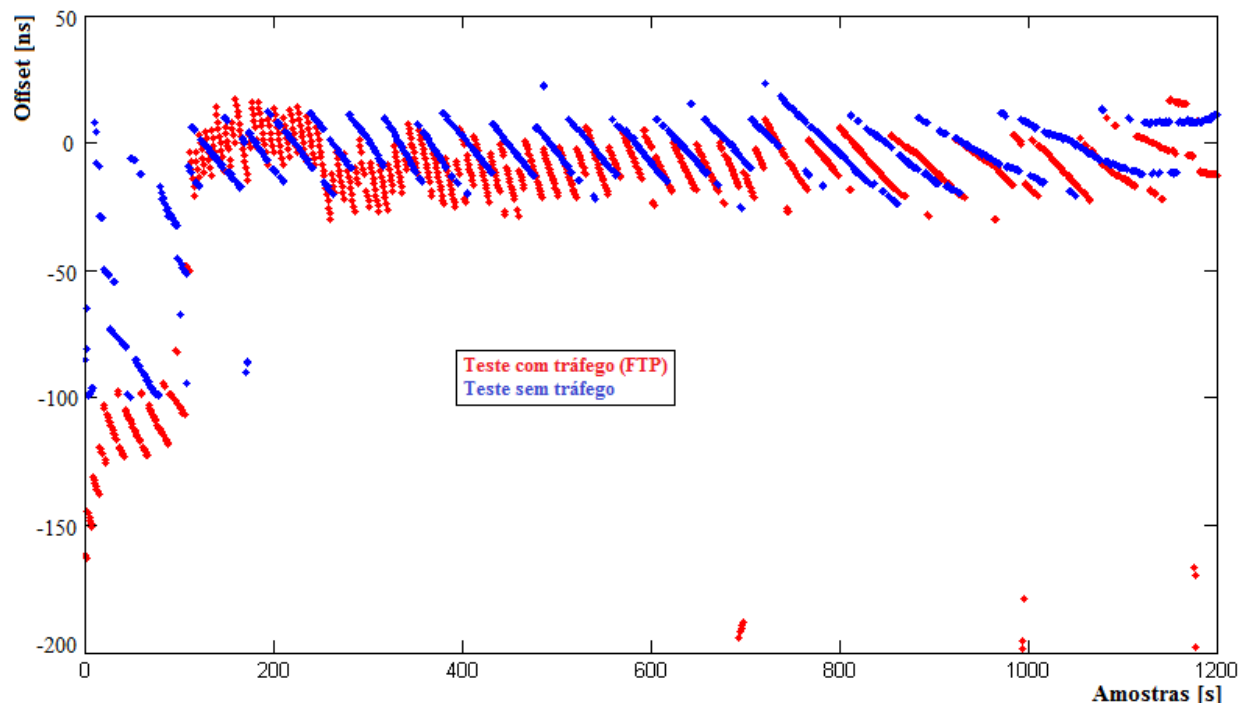


FIGURA 2 - Offset: Teste com carga e teste sem carga na rede [8]

3.0 CONCLUSÃO

As dificuldades para o sincronismo de equipamentos para o setor elétrico se deve a falta de definição de um protocolo de sincronização bem como a falta de padrão dos equipamentos sendo muitas vezes necessários utilizar protocolos diferentes para atender equipamentos específicos na mesma planta elétrica. Com a adoção do padrão IEC 61850 nos equipamentos da planta elétrica surge a definição de um padrão de sincronismo, o PTP, que atende a todas as necessidades de desempenho.

O standard IEEE C37.238 (*Standard Profile for Use of IEEE 1588 Precision Time Protocol in Power System Applications*) prove informação sobre requisitos de acurácia e desempenho em geral para aplicação em proteção, controle, automação e comunicação de dados utilizando a arquitetura *Ethernet*. Este *profile* especifica um grupo de configurações que visa garantir a interoperabilidade, robustez, resposta a falhas de rede em Sistema de Potência. Atenção especial é dada de modo a garantir o sincronismo consiste e confiável dentro de subestações, entre subestações e por áreas geograficamente distribuídas.

A IEC 61850-90-5 (IEEE C37.118) e a IEC 61850-9-2 apontam para a mesma solução de sincronismo, o PTP. O *Profile* IEEE C37.238 une estes protocolos através de suas definições gerais.

Atualmente (2010) muitos equipamentos de diferentes funcionalidades para diversas plantas elétricas já utilizam a IEC 61850 não em sua plenitude. Contudo produtos aderentes a IEEE 1588 ainda são escassos no mercado. Nos próximos anos produtos aderentes as duas normas serão cada vez mais numerosos, permitindo assim desempenhos superiores.

4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MIBIELLI, Ângelo. “Proposta de modelagem do sistema de regulação de velocidade das unidades geradoras da ITAIPU Binacional utilizando a norma IEC 61850, funcionalidades do sistema e seus automatismos”. 2010. Dissertação (Especialização em Automação, Controle e Supervisão do Processo Elétrico Baseado na Norma IEC 61.850) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Foz do Iguaçu, 2010.
- (2) SANTOS, Luís Fabiano dos, apresentação ABB: IEC61850 Proteção, Controle e Automação de Subestações;
- (3) MILLS, D. Proposed authentication enhancements for the Network Time Protocol Version 4. Delaware, 1996. Disponível em < www.cis.udel.edu/~mills/database/reports/secure/securea.ps>. Acessado em 25/07/2010.
- (4) IEEE Standard C37.118-2005, Revision of IEEE Std 1344-1995 - IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems, 2006.
- (5) IEEE 1588-2008, Revision of IEEE Std. 1588-2002 - IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems, 2008.
- (6) MILLS, D. A brief history of ntp time: confessions of an internet timekeeper. ACM Computer Communications Review 33, April 2003. Disponível em <www.cis.udel.edu/~mills/database/papers/history.pdf>. Acessado em 25/02/2011.
- (7) MILLS, D. L. Computer Network Time Synchronization – The Network Time Protocol, CRC Press, Boca Raton, 2006
- (8) MENON, Maurício. Análise de desempenho do PTP (Precision Time Protocol). 2010. Dissertação (Especialização em Automação, Controle e Supervisão do Processo Elétrico Baseado na Norma IEC 61.850) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Foz do Iguaçu, 2010.
- (9) www.cis.udel.edu/~mills/stamp.html acessado em 21/02/2011
- (10) IEC 61850-9-2, Edition 1.0 2004-04 – Communication networks and systems in substations - Part 9-2: - Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Sampled values over ISO/IEC 8802-3.

5.0 DADOS BIOGRÁFICOS

Nome: Maurício Menon
 Nascimento: 28/11/1981, Curitiba, PR
 Graduação: Engenharia Elétrica – ênfase Eletrotécnica, UTFPR, 2005.
 Especialização em Automação, Controle e Supervisão baseado na norma IEC61850, Unioeste, 2010.
 Trabalha desde Março de 2008 na Itaipu Binacional na Divisão de Montagem Eletromecânica – SOCM.DT.

Nome: Ângelo Mibielli
 Nascimento: 06/06/1967, Rio de Janeiro, RJ
 Graduação: Engenharia Elétrica, UFSC, 1992.
 Especialização em Automação, Controle e Supervisão baseado na norma IEC61850, Unioeste, 2010.
 Trabalha na Itaipu Binacional.