



**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 - GTL**

**DESAFIOS DE SINCRONISMO PARA O AMBIENTE DE EMPRESAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Cristiano H. Ferraz (\*)  
NETCON Ltda.**

**Eduardo Langrafe  
NETCON Ltda.**

**Eduardo Lopes  
NETCON Ltda.**

**RESUMO**

O projeto de uma rede atual de sincronismo para uma empresa de energia elétrica deve utilizar um enfoque global do sincronismo com o objetivo de montar uma rede hierárquica de sincronismo que atenda às necessidades dos serviços de telecomunicações, de controle e outros, a qual possa prover um serviço confiável, gerenciado e universal de frequência e tempo. Essa rede deve otimizar os recursos e deve constituir uma infraestrutura presente em todas as áreas operacionais da Empresa.

Neste trabalho descreve-se o projeto de uma rede operada pelo setor de telecomunicações da Empresa e atendendo às necessidades dos diversos setores da Empresa.

**PALAVRAS-CHAVE**

Sincronismo, PTP, NTP, IEEE1588v2, IEC 61.850.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A evolução das telecomunicações implica uma adoção crescente dos padrões IEEE 802 em todos os ambientes. As redes locais de dados (LANs) já adotavam preponderantemente o padrão Ethernet há muitos anos. Em tempos recentes, observa-se a disseminação dos padrões Ethernet em LANs utilizadas para finalidades tais como automação e controle industrial. E as redes de transporte de telecomunicações passaram a suportar o transporte de quadros Ethernet em modo nativo, com a introdução de novos padrões para suporte a serviço Ethernet *carrier class*.

A forma tradicional de sincronização em frequência das redes consiste em instalar nós de referência primária e distribuir a referência de frequência a partir desses nós usando a própria rede de telecomunicações. Os nós primários são realizados com o uso de receptores GPS (*Global Positioning System*) – que obtêm sua referência da rede de satélites de posicionamento global – e com relógios primários atômicos (de césio, auxiliados por osciladores de rubídio).

O sincronismo tradicional de fase e de tempo (ToD ou *Time of Day*) obedece a um esquema hierárquico semelhante – *sites* principais, distribuição da referência entre os *sites* e distribuição intra-edifício. No setor elétrico, é usual que os serviços que requerem esse tipo de sincronismo contem com receptores GPS dedicados conectados a distribuidores em cada *site*, o que leva a uma multiplicidade de equipamentos, que nem sempre são gerenciados à distância. E as interfaces de distribuição atendem apenas aos padrões atuais (principalmente IRIG B) requeridas pelos dispositivos de controle e automação.

Este panorama agora deve ser tratado de forma sistêmica. Com o advento das redes ópticas (padrão OTN, que, ao

contrário da SDH, não possui envoltório síncrono) e transporte direto de sinais Ethernet, configurou-se a necessidade de utilizar a Ethernet para distribuir as referências de tempo e frequência tanto entre *sites* (pela WAN) como dentro do próprio *site* (pela LAN). Introduziu-se o padrão IEEE 1588 (conhecido como PTP, *Precision Time Protocol*), o qual permite conduzir informações exatas de fase e frequência por interfaces Ethernet e assim suportar as funções de automação. Paralelamente, houve uma evolução do conceito e dos padrões de NTP (*Network Time Protocol*).

No setor elétrico, o problema deve ainda contemplar a especificidade do setor, particularmente no que tange a implantação do padrão IEC 61850 em toda a rede.

## 2.0 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS DO PROJETO DE SINCRONISMO DE UMA EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO

Originalmente, as redes de telecomunicações exigiam um projeto de sincronismo para atender às necessidades do serviço comutado de 64 kbit/s, o qual exige que todos os tributários de 64 kbit/s e de 2 Mbit/s, bem como os elementos de rede que geram e manipulam esses sinais, sejam síncronos em frequência.

Para atender a esse critério, constituem-se redes hierárquicas de sincronismo com relógios primários a partir dos quais os sinais de referência de frequência são distribuídos por uma rede hierárquica constituída por nós distribuidores de relógio dotados de osciladores-mestres de alta precisão denominados SSUs (*Synchronization Supply Units*). As SSUs têm por finalidade garantir a qualidade do sinal de referência distribuído na própria estação e às estações seguintes na cadeia de distribuição. Encarregam-se de eliminar as variações de fase periódicas (*jitter*) e o ruído introduzidos pela transmissão, e garantem a precisão do sinal de relógio em caso de falha da referência durante o tempo necessário à reparação, segundo o planejamento da rede de sincronismo. Entre os nós, a informação de referência de sincronismo é transportada por sinais de 2 Mbit/s.

Essas redes hierárquicas obedecem a critérios muito estritos de planejamento, e os elementos de rede que as constituem obedecem a padrões internacionais estritos (descritos nas recomendações G.811 e G.812 do ITU-T). Também os sinais vetores de referência entre nós obedecem a critérios de qualidade descritos nas normas respectivas, e a critérios de planejamento que garantem que esses sinais estejam sempre corretos e disponíveis. O advento da SDH (Hierarquia Digital Síncrona) trouxe consigo algumas novas considerações quanto ao planejamento da rede de sincronismo das telecomunicações.

A rede SDH baseia-se na multiplexação síncrona e *cross-conexão* de tributários virtuais síncronos, o que exige que todos os elementos de rede que geram e manipulam os sinais tributários e de linha (chamados "VC", ou "contêineres virtuais" e STM-N, ou "módulos de transporte síncronos de ordem N", respectivamente) sejam síncronos. O transporte de sincronismo entre edifícios não deve ser realizado por tributários de 2 Mbit/s transportados dentro da rede SDH, pois esta rede pode introduzir efeitos indesejáveis que tornam o sinal de 2 Mbit/s inadequado para essa função. No caso da SDH, o transporte do sincronismo entre edifícios deve ser realizado mediante o próprio sinal óptico de linha STM-N, adequado para essa finalidade; como essa modalidade de transporte exige um encadeamento de elementos de rede (multiplexadores e ADMs SDH) que efetivamente recuperam e regeneram o relógio do sinal de linha, foi necessário criar um novo padrão, descrito na Rec. G.813, para os osciladores desses elementos de rede.

Por outro lado, atualmente, não basta sincronizar em frequência os elementos de rede de telefonia, PDH e SDH; também é preciso contar com um serviço de sincronismo de hora (ToD, *Time of Day*), que deve ser suprido por uma rede hierárquica referenciada a relógios primários e que forneça selos de hora precisos e exatos para serviços baseados em IP. Esta necessidade torna-se muito mais crítica à medida que novas aplicações, tais como a sincronização de processos de gerência, de processos distribuídos, de bilhetagem, de decisões de roteamento e outras tantas vão aumentando em escopo e em importância.

Uma estrutura moderna de sincronismo, portanto, deve estar equipada para atender aos critérios de distribuição de informação de temporização (sincronização de frequência) e de hora exata (distribuição de selos de hora).

Uma vez que essa rede deve ser projetada para atender aos exigentes critérios das redes de telecomunicações, a mesma rede poderá atender aos clientes tanto da área de telecomunicações (que normalmente precisa de sincronismo de frequência) quanto de outras áreas da empresa (setores eletroenergético e de TI, que geralmente precisam de sincronismo de tempo cada vez mais exato).

As novas redes locais Ethernet que atendem aos critérios estabelecidos na norma IEC 61850 transportam sincronismo de tempo e frequência mediante selos de hora precisos transportados nos fluxos de quadros Ethernet (padrão IEEE 1588, chamado PTP – *Precision Time Protocol*). Redes de transporte baseadas em pacotes não possuem envoltórios síncronos adequados para transporte de temporização, porém podem ser utilizadas para transportar a informação de referência de tempo e frequência mediante o uso de selos de hora precisos segundo o padrão IEEE 1588.

Finalmente, uma rede de sincronismo de alta disponibilidade precisa contar com um sistema de gerência adequado que permita visualizar, medir e validar os sinais de sincronismo, reconfigurar os elementos de rede e proteger a distribuição dos sinais de sincronismo.

## 2.1 Vantagens do sistema único de sincronismo

Tendo presentes todas essas considerações, para as empresas do setor elétrico é preciso elaborar um novo planejamento de sincronismo, cujos detalhes são relacionados nas seções seguintes.

A finalidade primordial da rede de sincronismo descrita neste trabalho é atender às necessidades do sistema de telecomunicações. Entretanto, ao definir a constituição de uma rede sólida, robusta e confiável, gerenciada e de alta disponibilidade, enseja a criação de uma infraestrutura de sincronismo que pode ser aproveitada também por outras áreas. Este enfoque, além das vantagens evidentes de permitir que se conte com uma rede gerenciada e de alta qualidade para suprir todas as necessidades de tempo e frequência, apresenta a vantagem adicional de que os elementos de rede, ao prover sinais não apenas de referência de frequência de 2 MHz e 2 Mbit/s para aplicações de telecomunicações tradicionais, mas também de sinais de PTP (segundo a norma IEEE 1588, tanto para o *Telecom Profile* quanto para o novo *Power Profile*) e NTP (*Network Time Protocol*), poderão suprir sincronismo aos diversos subsistemas da empresa sem gastos adicionais. Os elementos de rede também podem ser equipados com outras interfaces, tais como IRIG-B, para poderem ser aproveitados por elementos do sistema eletroenergético que usem tais sinais. Esta aplicação permite que os demais setores possam utilizar, em lugar de elementos de rede tais como GPS próprios, sinais provenientes dessa nova rede gerenciada, de alta qualidade e de alta disponibilidade mantida pelo setor de Telecomunicações.

## 2.2 Sincronismo em redes ópticas OTN (*Optical Transport Networks*)

Os elementos de rede baseados na Hierarquia Digital Óptica segundo os padrões do ITU-T para a OTN (*Optical Transport Network*) não requerem sincronismo, pois baseiam-se em uma tecnologia plesiócrona. Isto significa que os tributários mapeados em unidades de transporte ODU-M ocupam uma parte da área de carga, e a parte sobrança é preenchida com bits de justificação mediante um processo de justificação variável. Sendo assim, a OTN é efetivamente transparente ao relógio dos sinais transportados, de forma análoga à maneira como uma rede PDH permite passar um tributário de 2 Mbit/s sem afetar seu relógio para efeitos de transporte de sincronismo de frequência.

Quando tais redes transportam sinais síncronos SDH, os padrões do ITU-T – tanto os atuais quanto aqueles que estão em fase de finalização – garantem que esses sinais poderão transitar pelas redes OTN sem perder sua capacidade de servir de referência de frequência a estações síncronas remotas.

Novos padrões referentes ao comportamento quanto ao sincronismo em redes OTN estão sendo elaborados para garantir o correto funcionamento do transporte do sincronismo nessas redes (ressalta-se a recomendação G.8251 do ITU-T).

## 2.3 Sincronismo em redes de transporte de pacotes (PTN, *Packet Transport Networks*)

Nas redes mais modernas, contudo, haverá muitos casos em que a pontos remotos não chegarão sinais síncronos tradicionais (PDH e SDH), e sim, apenas, sinais compostos de pacotes IP encapsulados no formato Ethernet. Como continua a ser necessário sincronizar muitos serviços tanto em frequência (dispositivos com interfaces E1, tais como *gateways* de telefonia IP ou interfaces síncronas para os serviços de emulação de circuitos sobre redes de pacotes) quanto em fase (controle de processos distribuídos – que requerem exatidão – cada vez maior, medidores de fase, etc.), foi preciso desenvolver novas estratégias para o transporte das informações de sincronismo.

As novas recomendações do ITU-T) descrevem uma alternativa que consiste em criar uma nova interface Ethernet síncrona (Sync Ethernet), na qual o sinal de linha é encapsulado em um envoltório síncrono que possibilita a transferência exata da informação de frequência, e uma segunda alternativa que consiste no transporte de selos de hora de alta precisão por interfaces e redes Ethernet (também descrito no padrão IEEE 1588v2, PTP, *Precision Time Protocol*). Muitas das recomendações e padrões encontram-se em fase de elaboração, e de qualquer maneira seu estudo e descrição detalhada fogem ao escopo deste trabalho. Na seção de referências, ao final deste trabalho, encontram-se elencadas as principais recomendações do ITU-T, assim como outros padrões, referentes ao sincronismo.

É importante destacar que os selos de hora precisos do PTP permitem a recuperação de sincronismo exato não apenas de fase como também de frequência, e, portanto, o método descrito no padrão IEEE 1588v2 também permite a sincronização remota em frequência para funções de telecomunicações e outras.

Para o transporte transparente dos selos de hora altamente precisos que permitem o transporte de informações de sincronismo de frequência e de tempo (fase) descritos nos novos métodos de transporte de sincronismo, as redes OTN são igualmente transparentes e adequadas. As redes baseadas em comutadores de nível 2 (*switches*

Ethernet) precisam ser planejadas de forma adequada para permitir a passagem dos selos de hora sem prejudicar as informações de sincronismo de fase e frequência, mesmo que os nós intermediários não participem do processo (v. Recomendação G.8265 e G.8265.1 do ITU-T, por exemplo).

Nas empresas de energia elétrica, é preciso tomar em conta os novos padrões e as novas técnicas de sincronização ao planejar a evolução das redes de transporte, ao introduzir novos serviços e novas tecnologias de telecomunicações e ao modernizar o controle do sistema eletroenergético, principalmente com a introdução do padrão IEC 61850.

### 3.0 - PROJETO DO SISTEMA DE SINCRONISMO DE UMA EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO

A primeira consideração a ter em conta no projeto é a de que o sistema de sincronismo deve ser tão robusto quanto possível, já que todos os sistemas dependem de uma informação de fase e frequência correta e de alta disponibilidade para seu correto funcionamento. Para garantir essa premissa, o projeto deve envolver redundâncias múltiplas e equipamentos de distribuição de relógio de alta disponibilidade.

A segunda consideração é de que no projeto devem estar contempladas as necessidades do sistema de telecomunicações, já que o cliente principal e mais urgente do novo sistema de sincronismo são as próprias telecomunicações. Entretanto, o sistema deve estar preparado e apto a fornecer as informações de tempo e frequência também para os dispositivos do sistema eletroenergético. Ao adotar um sistema único de sincronismo em toda a rede, haverá uma disponibilidade alta de sincronismo exato com todos os formatos e interfaces que eventualmente possam vir a requerer todos os subsistemas, tanto de telecomunicações (2 MHz, 2 Mbit/s e PTP IEEE 1588v2 *Telecom Profile*), quanto informáticos (de NTPv4, *Network Time Protocol*) quanto de controle (atualmente, principalmente no formato IRIG-B e, posteriormente, no formato PTT IEEE 1588v2 *Power Profile*).

#### 3.1 Descrição da arquitetura recomendada para a rede de sincronismo

A rede de sincronismo consiste em elementos de rede encarregados de distribuir o relógio em cada *site* (sincronismo *intra-site*) e um sistema para a distribuição das referências entre os *sites* da rede (sincronismo *inter-site*).

Para o sistema *intra-site*, recomenda-se a adoção de dispositivos distribuidores de relógio com *hardware* do tipo *carrier class* (fontes duplicadas, osciladores duplicados, sem ponto único de falha) com interfaces de saída dimensionadas de acordo com os clientes de sincronismo presentes no site (PTP, NTP e frequência). Deve estar prevista a disponibilidade de interfaces adequadas para o controle de elementos de rede do sistema eletroenergético, para o caso da integração de todos os clientes de sincronismo na mesma infraestrutura de rede de sincronismo. No caso de haver vários segmentos de LAN dentro do *site*, o padrão IEC 61850 prevê a instalação de relógios-mestres PTP duplicados.

Recomenda-se que o distribuidor principal de sincronismo de cada site seja equipado com um receptor GPS (*Global Positioning System*) e que o tome como sua referência principal de relógio. Neste caso, o sistema GPS, constituído por um conjunto de satélites com relógios primários atômicos de altíssima precisão diretamente rastreáveis ao padrão mundial de tempo, fornece uma referência direta aos distribuidores locais. Entretanto, para a eventualidade de uma falha no receptor GPS local, o sistema deve prever a disponibilidade de referências externas confiáveis. Como as novas redes tendem a ser redes de pacotes, o método indicado é obter a referência de *sites* vizinhos, através do protocolo IEEE 1588v2 *Telecom Profile*, transportado pela rede de transmissão e disponíveis em interfaces Ethernet. Logo, os sinais de linha recebidos constituem referências alternativas para cada *site*.

Portanto, na configuração recomendada cada *site* possui um receptor GPS que toma como referência principal e pode constituir-se em referência alternativa para os *sites* adjacentes aos quais estão conectados pela transmissão de qualquer tipo que transporte sinais Ethernet (OTN, SDH, PTN, Ethernet física sobre fibra, microondas, etc.).

O caso de falha total no sistema GPS poderá estar previsto no sistema. Recomenda-se contemplar no projeto que se mantenha uma rede de distribuição de relógio a partir de dois pontos diferentes da rede. Em caso de colapso do sistema GPS, ou de haver uma estratégia de abandonar a referência do GPS por motivos estratégicos, esses dois pontos centrais passam a servir de referência principal e alternativa para toda a rede.

Neste último caso, para garantir que a qualidade do sinal de relógio que chega a qualquer ponto da rede possui a qualidade e a estabilidade e resiliência necessárias, será preciso projetar a rede de distribuição de relógio inter-sites da maneira tradicional, isto é usando SSUs distribuídas, dotadas de relógios de rubídio ou de quartzo em câmara térmica dupla. As SSUs têm duas funções. A primeira é retemporizar as referências recebidas de pontos distantes, para eliminar os efeitos introduzidos pela transmissão. A segunda é a de prover um sincronismo exato quando, por falha na transmissão, deixam de receber uma referência externa. O projeto da arquitetura da rede *inter-sites* deve contemplar as normas e padrões respectivos, tanto quanto ao número máximo de saltos na cascata de distribuição até a próxima SSU quanto à definição dos osciladores de cada SSU. Finalmente, cabe ressaltar que as SSUs serão sincronizadas a partir de receptores GPS (referência principal) e de sinais de linha (cujo tipo será

escolhido segundo a disponibilidade); e que deverão fornecer sinais de sincronismo do tipo PTP IEEE 1588v2 *Telecom Profile* para os distribuidores dos sites que não possuam SSUs.

Finalmente, os dois sites principais que assumirão o sincronismo de toda a rede deverão estar instalados em redundância geográfica. Poderão possuir relógios atômicos (relógios primários de Césio que atendam à Recomendação G.811 do ITU-T) para obter uma total independência de qualquer outro sistema de sincronismo. Deverão receber sinais de sincronismo alternativos de qualidade de outras fontes, tais como operadoras públicas de redes que possuam, elas mesmas, sistemas confiáveis de sincronismo e que possam entregar sinais de qualidade adequada à rede da empresa elétrica.

A arquitetura básica proposta para a rede de sincronismo de uma empresa de energia elétrica moderna é ilustrada na Figura 1.

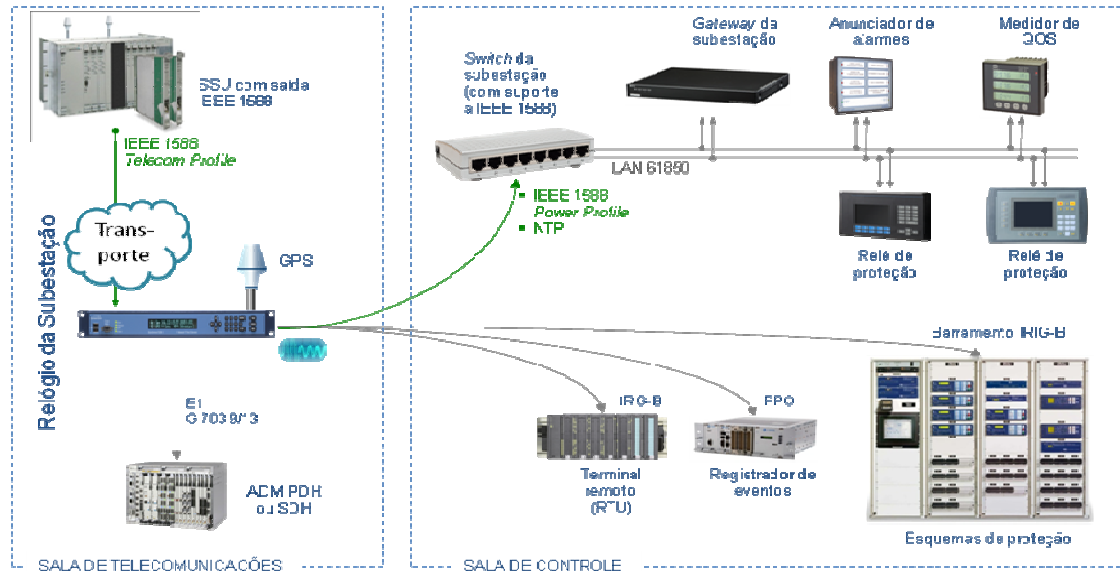


FIGURA 1 – Arquitetura recomendada para o Sistema de sincronismo.

### 3.2 Considerações quanto ao sincronismo do sistema eletroenergético

Atualmente, o sincronismo do sistema eletroenergético atende à necessidade de atividades tais como:

- Gerenciamento da frequência da *grid*;
- Correlação de eventos (a nível de rede e de subestação), incluindo o registro de atuação de relés (razão) e registradores analógicos de falhas;
- Computadores do centro de controle e terminais remotos (RTUs);
- Medição da qualidade do fornecimento;
- Medição da energia (tarifas diferenciadas);
- Descarte programado de carga.

As novas necessidades incluem:

- Medição de Fasores sincronizados no tempo (*synchrophasors*);
- Localização de falhas por ondas propagantes (*travelling waves*);
- Monitoramento de raios;
- Unidades de junção (amostragem de valores).

Para a opção de distribuição de temporização ao sistema eletroenergético, o perfil IEEE 1588v2 *Power Profile* (IEEE C37.238) é o adequado. Ressalta-se a necessidade de especificar distribuidores de relógio que atendam não apenas às necessidades das telecomunicações, como também a dos dispositivos do sistema eletroenergético com a finalidade de permitir a existência de um sistema único de sincronismo no futuro. A figura 2 ilustra a possível configuração da distribuição integrada de tempo em uma subestação.

## DISTRIBUIÇÃO INTEGRADA DE TEMPO

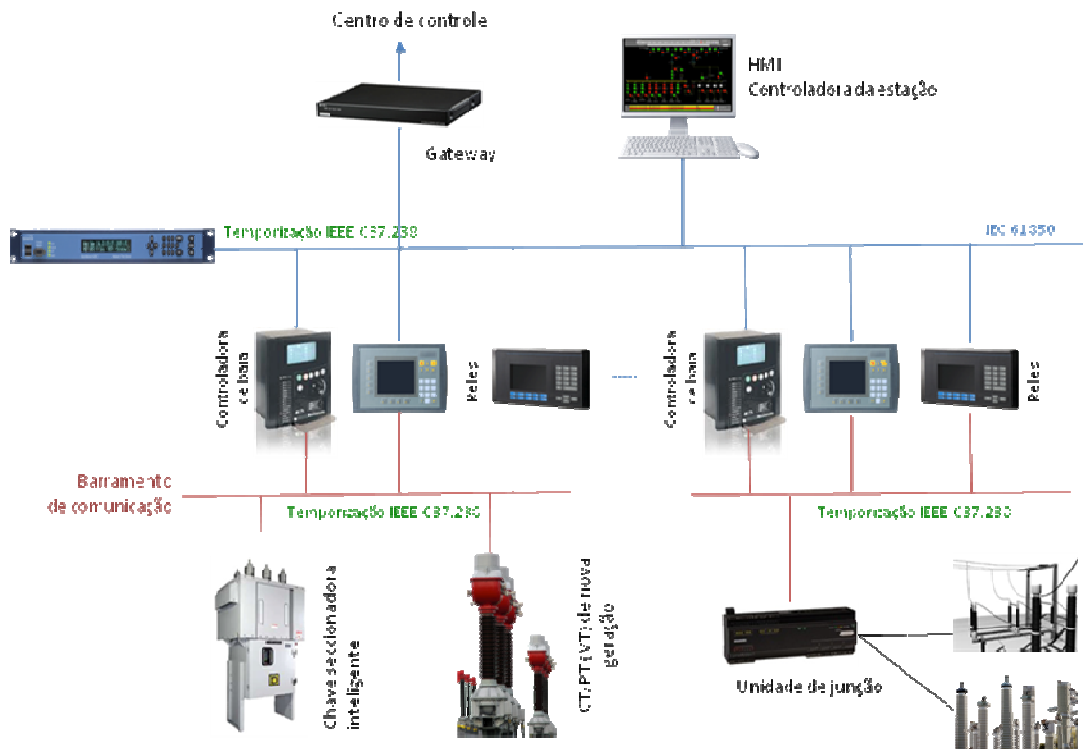


FIGURA 3 – Distribuição integrada de tempo.

### 3.3 Considerações quanto à gerência do sistema de sincronismo

O sistema de sincronismo deverá ser gerenciado em todas as suas funções. O servidor principal do sistema de gerência deve ser duplicado para evitar qualquer perda de funcionalidade do sistema em caso de falha dos servidores. A vantagem de contar com um sistema de gerência de sincronismo que implemente toda a funcionalidade FCAPS (falhas, configuração, contabilização, desempenho e segurança) é que desta maneira eliminam-se as incertezas quanto à disponibilidade dos sinais de sincronismo, algo que é comum ocorrer em sistemas de sincronismo com fontes distribuídas não gerenciadas (quando algumas vezes as falhas dos relógios somente são constatadas quando é preciso, por exemplo, efetuar uma análise regressiva de falhas e os selos de hora dos eventos estão errados).

Portanto, é necessário contar com um sistema de gerência abrangente e redundante para ter plena certeza de que o sistema de sincronismo está constantemente disponível e é confiável.

## 4.0 - CONCLUSÃO

Neste trabalho descreveu-se a estratégia de projeto de um sistema de sincronismo moderno e adequado às exigências da rede de telecomunicações de nova geração das empresas de energia elétrica, inclusive aquelas dedicadas à geração e distribuição de energia elétrica. As características da novas redes de transporte de pacotes com respeito ao sincronismo foram abordadas, e propuseram-se soluções que permitirão continuar com um serviço único e gerenciado de sincronismo apto para as necessidades atuais e futuras. Discutiram-se também a possibilidade e as vantagens de unificar todos os serviços de sincronismo, também para o sistema eletroenergético, em um mesmo sistema integrado. Abordaram-se os aspectos de disponibilidade, confiabilidade e contingência da rede de sincronismo. Devido à necessidade das telecomunicações de uma rede integrada de sincronismo para seu correto funcionamento, sugere-se que a rede de sincronismo operada pelas telecomunicações possa também ser utilizada, com vantagens claras, pelos demais setores da empresa, e que esteja preparada para atender às novas necessidades impostas pelo padrão IEC 61850, pela medição PMU e de *synchrophasors*, pelos transdutores de interfaces, pela automação do sistema eletroenergético e demais funções de controle do sistema.

Uma estratégia análoga poderá adequar o sincronismo das redes das empresas elétricas às exigências impostas pela introdução do conceito de *smart grid* nas redes.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Recomendações do ITU-T da série G sobre sincronismo (lista completa disponível com os autores)
- (2) IEEE 1588-2008 Standard for A Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems;
- (3) IETF: NTP versão 4, que contém uma revisão extensa do padrão anterior de NTP (*Network Time Protocol*), é a versão atual do padrão. Formaliza-se nos seguintes documentos: (a) RFC 5905: Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification; (b) RFC 5906: Network Time Protocol Version 4: Autokey Specification; (c) RFC 5907: Definitions of Managed Objects for Network Time Protocol Version 4 (NTPv4); (d) RFC 5908: Network Time Protocol (NTP) Server Option for DHCPv6;
- (4) Consideration For OTN Networking for Time Sync, Ghani Abbas, Ericsson;
- (5) Converged Timing Domains for the Smart Grid, Symmetricom;
- (6) The New Role of Precise Timing in the Smart Grid, Symmetricom;
- (7) IEEE 1588 for Time Synchronization of Devices in the Electric Power Industry, Fred Steinhäuser, Christian Riesch, Manfred Rudigier, OMICRON Electronics, Klaus, Austria;
- (8) Smarter Time Sync: Applying the IEEE PC37.238 Standard to Power System Applications, Christoph Brunner, it4power and Galina S. Antonova, ABB Inc.;
- (9) Padrões do IRIG (*Inter Range Instrumentation Group*) sobre *Time Codes* IRIG-A e IRIG-B;
- (10) Local Area Distribution of Precise Time, Tim Frost, Symmetricom;
- (11) Synchronization: Status of ITU Standards in November 2010, Jean-Loup Ferrant, Calnex Solutions Ltd.
- (12) Synchronization of Digital Telecommunications Networks, Stefano Bregni, Politecnico di Milano, John Wiley & Sons, Ltd.

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Cristiano Ferraz, Engenheiro de Telecomunicações, formado pela Universidade Federal Fluminense (UFF) em 1978. Consultor do ITU-T e de empresas públicas e privadas em tecnologia de telecomunicações. Trabalhou na Wandel & Goltermann GmbH & Co. (Suíça), Acterna e JDSU. Atua como docente no MBA de TV Digital e Convergência da UFF e de Telecomunicações no Instituto IDD. Atualmente faz parte do quadro de consultores da Netcon Ltda.

Eduardo Langrafe, Engenheiro de Computação, formado pela Universidade paulista em 1999. Trabalhou no dimensionamento e desenvolvimento de negócios referentes à redes ópticas submarinas na NEC Corp (Tóquio) e no desenvolvimento de soluções de redes de dados e voz, incluindo dimensionamento, implementação e suporte à operação de redes em ambientes corporativos e empresas e operadoras de telecomunicações. Atualmente faz parte do quadro de consultores da Netcon Ltda.

Eduardo Lopes, Engenheiro Eletrônico, formado pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em 1979. Obteve título de MSc em Digital Signal Processing pelo Imperial College of Science, Technology and Medicine da University of London em 1994. Durante sua vida profissional trabalhou na Siemens S.A., Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Themag Engenharia Ltda. e CHESF. Desde 1999 é Diretor da NETCON Ltda., onde desenvolve atividades de consultoria na área de telecomunicações.