



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GPC/34

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - V

**GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE
POTÊNCIA- GPC**

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA MAPEAMENTO DE INFORMAÇÕES E SERVIÇOS DE COMUNICAÇÃO
ENTRE DISPOSITIVOS IEEE-1815/DNP3 E DISPOSITIVOS IEC 61850.**

**Héctor León (*)
GE Grid Solutions**

**Elias Benz
GE Grid Solutions**

**Igor Cruz
GE Grid Solutions**

RESUMO

O êxito do Sistema de Automação para Subestações (SAS) moderno depende dos mecanismos e infraestrutura de comunicação utilizados para integrar vários dispositivos de proteção, controle e monitoramento num mesmo ambiente. Para fazer essa integração, atualmente o DNP3 (Distributed Network Protocol 3) é o padrão de comunicação “de-fato” utilizado no nível de distribuição e transmissão no sistema elétrico tanto nos Estados Unidos quanto na América Latina. No entanto, DNP3 não está completamente preparado para possibilitar todas as funções previstas para as aplicações das Redes Elétricas Inteligentes ou Smart Grids.

Com alguns benefícios à vista é desejável contar com ferramenta que permitam construir pontes entre os padrões de comunicação legados e padrões mais atuais a fim de criar serviços de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica mais próximos dos conceitos propostos no Smart Grid.

Neste artigo, uma análise de diferenças é apresentada com o objetivo de identificar em que medida a norma IEC 61850 atende os requisitos da operação e automação de subestações tanto quanto o DNP3 faz. Adicionalmente, são ilustrados alguns aspectos de mapeamento entre o DNP3 e a norma IEC 61850 enfatizando os conceitos de arquitetura de rede e alguns serviços de comunicação.

Com os resultados apresentados neste artigo, constata-se que aqueles sistemas legados para automação de subestações, que utilizam o protocolo DNP3, podem ser atualizados com conceitos da norma IEC 61850 a través de alguns métodos e técnicas de mapeamento de informações e serviços.

PALAVRAS-CHAVE

IEC 61850, DNP3, SCL, SAS.

1.0 - INTRODUÇÃO

No âmbito dos Sistemas Elétricos de Potência (SEP), os sistemas de informação podem ser definidos como um conjunto de canais de comunicação, aplicações, equipamentos de controle, etc. projetados para executar uma função específica voltada à otimização da operação do SEP. Nesse ordem de ideias, os operadores do SEP tem visualizado a necessidade de utilizar sistemas de informação padronizados, que ofereçam garantia no seu funcionamento e que permitam integrar, num mesmo ambiente, vários dispositivos de proteção, controle e monitoramento fornecidos por diferentes fabricantes (6).

De forma particular, no nível de distribuição e transmissão de energia elétrica tanto nos Estados Unidos quanto na América Latina, o DNP3 (Distributed Network Protocol 3) assentou-se, desde meados da década de 1990, como o protocolo de comunicação “de-fato” para aplicações na automação de subestações. No entanto, a definição do DNP3 não está completamente preparada para possibilitar todas as funções previstas no advento das Redes Elétricas

Inteligentes ou Smart Grids. Assim, é desejável contar com ferramentas que permitam construir pontes entre os padrões de comunicação legados e padrões mais atuais (3).

Dado que IEC 61850 é uma norma específica para a automação do sistema elétrico, considera-se que os mecanismos de comunicação e os modelos de informação ali definidos formam um novo paradigma para os sistemas de comunicação do SEP.

Neste artigo, uma análise de diferenças é apresentada a fim de identificar em que medida a norma IEC 61850 atende os requisitos da operação e automação de subestações tanto quanto o DNP3.

Os principais aportes do artigo são:

- Mapeamento de alguns serviços de comunicação e modelo de dados entre os dois padrões de interesse.
- Uma aproximação à arquitetura de rede que possibilite a interconexão de sistemas de comunicação que utilizam os conceitos do DNP3 com aqueles que utilizam as definições da norma IEC 61850.

O artigo está organizado da seguinte forma:

Na parte 2, se apresenta uma revisão tanto do DNP3 quanto da norma IEC 61850, focando em aspectos relacionados com serviços de comunicação e modelagem de dados. Na parte 3, se apresenta a proposta de mapeamento e diferença entre os dois padrões. Uma atenção especial é dada aos mecanismos de reporte de eventos, uma vez que estes são extremamente importantes para a proteção e o controle de sistemas elétricos de potência. Por fim, comentários e conclusões são apresentadas na parte 4.

2.0 - EMBASAMENTO TEÓRICO

Os avanços tecnológicos junto aos desejos de contar com energia elétrica altamente disponível, diminuir o tempo de restauração do serviço após uma falha e reduzir o custo de mão de obra, fizeram com que as concessionárias e investidores do setor elétrico buscassem automatizar as funções executadas nas subestações. A automação de subestações nasce da interseção de três disciplinas: o controle, a proteção de sistemas elétricos e os sistemas de comunicação. Nesta seção, apresentam-se as noções básicas dos principais padrões de sistemas de comunicação utilizados na automação de subestações: o DNP3 e a norma IEC 61850.

2.1 Perfis de comunicação para automação de subestações

Apesar de terem sido desenvolvidos em épocas diferentes, tanto o DNP3 quanto a norma IEC 61850 compartilham as mesmas origens. As duas normas estão baseadas no modelo de referência OSI (RM-OSI) para arquiteturas de rede. Neste modelo, são definidas sete camadas de comunicação a serem executadas dentro dos equipamentos participantes do intercâmbio de informações. No entanto, dado a existência de funções nas subestações que exigem alto volume de mensagens e grande precisão de comportamento temporal, foi necessário definir uma versão mais enxuta do RM-OSI, utilizando unicamente três das sete camadas originais: Física, Enlace e Aplicação (2). Esta nova versão foi chamada de EPA (Enhanced Performance Architecture). No DNP3, a EPA foi a arquitetura utilizada para todos os setores da subestação.

Por outro lado, a norma IEC 61850, define dois barramentos de comunicação, e por tanto dividindo-a em três ambientes ou níveis de automação (Ver Figura 1). O primeiro barramento, chamado de barramento de estação, é onde acontece a comunicação entre os operadores da subestação (nível de estação) e os relés de proteção (nível de bay). Já, o barramento de processo foi planejado para substituir as tradicionais conexões cabeadas utilizadas entre os Transformadores de Instrumentação (TI) e os equipamentos de medição e controle (Merging Units e Relés) (4). Em conclusão a norma IEC61850 define dois perfis de comunicação: Um orientado à conexão no barramento de estação utilizando o RM-OSI e outro não orientado à conexão no barramento de processo utilizando EPA. Já no DNP3, por conta da sua arquitetura, unicamente existe comunicação orientada à conexão, mas utilizando EPA.

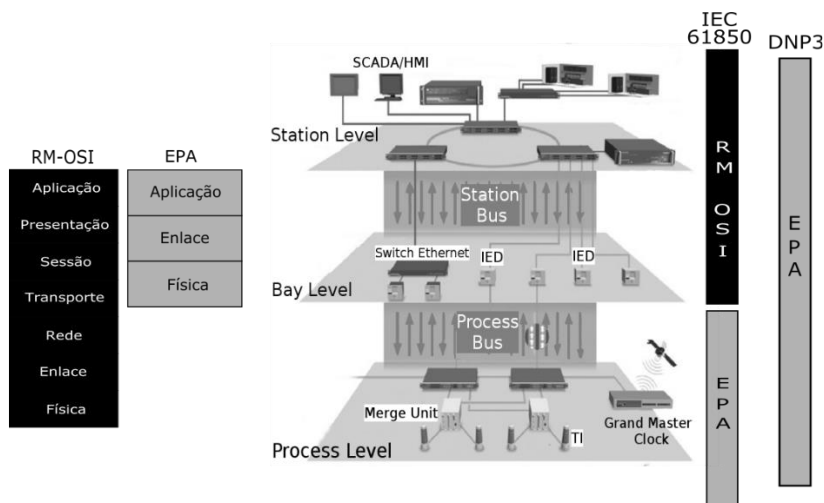


FIGURA 1 – Arquitetura de Redes e Ambientes de Automação Nas Subestações.

2.2 DNP3

Assim como mencionado anteriormente, o DNP3 (Distributed Network Protocol) é um protocolo de comunicação utilizado para a transmissão de dados entre dispositivos de uma subestação. Está baseado no paradigma Mestre-Escravo onde o termo “Outstations” é utilizado para se referir aos dispositivos escravos.

De acordo com as capacidades e funções, o DNP3 classifica os dispositivos em quatro níveis, de L1 até L4, onde as notações L4 e L1 indicam as implementações mais completas e mais básicas do DNP3 respectivamente. É importante mencionar que um dispositivo com nível de implementação L2 possui recursos suficientes para desempenhar funções de proteção e controle em subestações (2).

Sob o ponto de vista lógico, para estabelecer uma comunicação DNP3 é necessário a existência de **canais, sessões e pontos de dados**. Na sequência, cada um desses componentes é definido (ver Figura 2):

- **Canal** é a representação lógica (ou abstrata) do meio físico utilizado para a transmissão de mensagens (interfaces de comunicação). Comunicação via RS-232 e Ethernet são exemplos de canais no contexto DNP3.
- **Sessão** é a representação da conexão lógica estabelecida entre um dispositivo Mestre e um Outstation, assim, cada canal pode conter múltiplas sessões, mas uma sessão só pode pertencer exclusivamente a um canal.
- **Ponto de dado**, ou simplesmente ponto, representa uma entidade física ou lógica individualizada no equipamento. É a menor estrutura de informação que pode ser transmitida entre dispositivos.

2.2.1 Modelo de informação

O modelo de informação utilizado pelo DNP3 inicia pela classificação dos **pontos** segundo: as suas características, funcionalidades e relacionamento com o hardware/software do equipamento. O resultado dessa classificação é chamado de **tipos de ponto**. Entradas Binárias, Entradas Analógicas, Contadores, Saídas Binárias, Saídas Analógicas, etc. fazem parte desta classificação (2).

Cada *ponto* dentro do seu *tipo* é identificado por meio de dois parâmetros: o **índice** e o **número de grupo**. Os *índices*, são utilizados para diferenciar *pontos* que possuem o mesmo *tipo*. Já os *números de grupos* (ou simplesmente *grupo*), permitem identificar o método utilizado para gerar a informação a transmitir de cada ponto. Valores **estáticos** (o último estado no valor do ponto) e **eventos** (mudança substancial no valor do ponto) são exemplo de alguns grupos definidos pelo DNP3. É importante anotar que cada *grupo* oferece um conjunto de opções de codificação da informação chamada de **variação**. Tanto os *números de grupo* quanto as suas respectivas *variações* estão padronizados pelo DNP3.

O DNP3 também define o conceito de **Classe**, o qual serve para agrupar numa única mensagem vários **objetos** (união do valor do ponto, o seu número de grupo e a sua variação) (2). Existem 4 classes divididas em 2 conjuntos: Um conjunto serve para agrupar mensagens com *valores estáticos* (Classe 0) em quanto o outro conjunto serve para agrupar mensagens com valores gerados a partir de *eventos* (Classe 1, Classe 2 e Classe 3).

As *classes*, além de permitir a organização da informação, definem a forma em que o Master pode requisitar a informação dos *Outstations*. No DNP3 o máster tem então duas formas principais de acessar os dados dos *Outstation*: Por requisição explícita de um ponto/classe (**Polling**) ou por recebimento não solicitado de eventos (**Unsolicited messaging**).

Todas essas configurações (Grupo, Variações, Classe, etc.) são condensadas, tanto no máster quanto no outstation, num documento escrito em formato XML e conhecido como DNP3 Profile. O formato deste arquivo está padronizado na norma (2).

No exemplo da Figura 2, o equipamento possui cinco *pontos* do *tipo* entrada analógica (*índices* 0 até 4). O valor atual (estático) dos pontos é transmitido utilizando o *grupo* 30 e estão associados com a *classe* 0. Já os eventos, são transmitidos utilizando o *grupo* 32 e associados com a *classe* 2. Adicionalmente, as *variações* 3 e 4, utilizadas no exemplo, indicam representação da informação em 32 e 16 bits respectivamente.

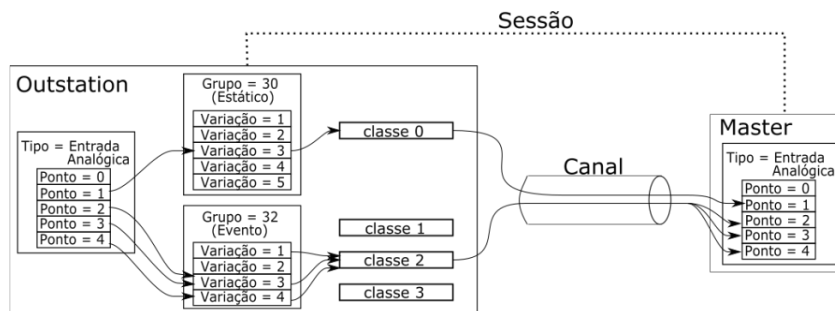


FIGURA 2 – Modelo de dados do DNP3.

2.3 IEC 61850

A integração de dispositivos fornecidos por diferentes fabricantes é um dos retos enfrentados pelos engenheiros eletricitas que atuam na automação de subestações (5). Nesta seção se apresenta o modelo de informação e os mecanismos de comunicação definidos pela norma IEC 61850 para atingir a interoperabilidade.

2.3.1 Modelo de informação

A IEC 61850 representa a informação utilizando o paradigma de modelagem orientada a objetos (6). Nesse sentido, a sua modelagem inicia pela divisão das funções executadas pelos dispositivos da subestação (IED – Intelligent Electronic Devices) em conjuntos de funções mais simples chamadas de **Nós Lógicos** (LN – Logical Nodes). Os LNs possuem objetos da classe **Dados** (DO) que, por sua vez, possuem objetos da classe **Atributos** (DA), os quais ao final são os que armazenam os valores das informações fornecidas pelas funções modeladas. Por existirem vários LNs que fornecem conjuntos de informações com características similares, a norma IEC 61850 agrupa os DA em **classes de dados comuns** (CDC – Common Data Classes). Desta forma, os DO não precisam especificar cada um dos seus atributos, basta com mencionar a CDC à qual pertencem seus atributos para assim ficarem completamente identificados (ver Figura 3). Finalmente, a norma estabelece o conceito de **Dispositivos Lógicos** (LD – Logical Devices), os quais agrupam os LNs seguindo uma estrutura coerente (4).

Seguindo esta ordem, para identificar e descrever uma informação dentro do IED, os nomes das entidades do modelo envolvidas são utilizados concatenadamente.

Além do modelo de informação, a norma IEC 61850 define alguns mecanismos (protocolos) de comunicação com os quais as informações são compartilhadas entre IEDs. De acordo com a arquitetura de rede proposta (Figura 1), a norma IEC 61850 especifica o protocolo **MMS** como o principal mecanismo de comunicação no barramento de estação assim como os protocolos **GOOSE** e **SV** como os principais mecanismos de comunicação no barramento de processo. Os protocolos de comunicação GOOSE e SV são baseados no paradigma Publicador – Subscritor, por tanto as informações são transmitidas sem requisição explícita de algum agente no sistema. No caso do MMS, trata-se de um protocolo baseado no paradigma Cliente-Servidor por tanto as informações são requeridas explicitamente pelo cliente. Porém, a norma define um mecanismo de comunicação chamado de **Reporte** onde os IEDs, utilizando o protocolo MMS no papel de Servidores, transmitem informações de eventos para um Cliente previamente configurado (4).

Por fim, a norma especifica um conjunto de arquivos, escritos no formato SCL (Substation Configuration Language), que servem para especificar: as capacidades dos equipamentos (ICD), a configuração atual do equipamento (CID), a configuração atual da subestação (SCD), entre outros. Estes arquivos são compartilhados entre os IEDs (e as ferramentas de configuração utilizadas pelos engenheiros da subestação) para modificar a operação e o controle do sistema de automação da subestação.

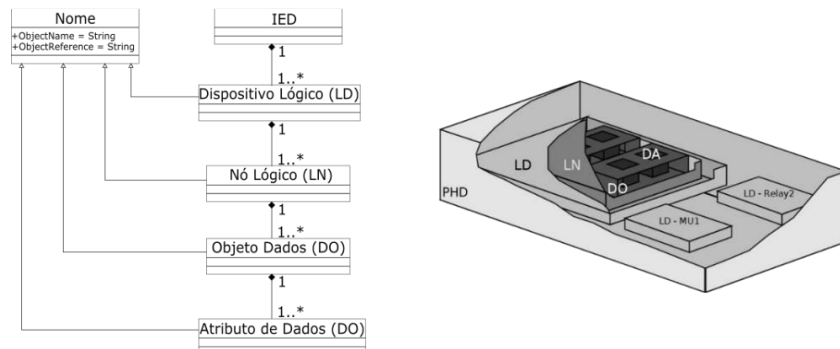


FIGURA 3 – Diagrama UML do modelo de informação e visão do equipamento IEC 61850.

3.0 - PROPOSTA DE MAPEAMENTO

Como visto na seção anterior, a norma IEC61850 cobre diversos aspectos dos sistemas SCADA das subestações, em particular: a definição de estruturas de dados que contém informação sobre o estado atual do SAS, a definição de serviços de comunicação para acessar essas informações e finalmente, o modelo de configuração do sistema para ajustar a operação dos equipamentos. Apesar do DNP3 cobrir esses mesmos aspectos do SCADA, este padrão não fornece o mesmo nível de detalhe da IEC 61850, ou seja, em quanto a norma IEC 61850 utiliza nomes que fornecem informação sobre a semântica dos dados do SAS, o DNP3 utiliza números, desconhecendo-se assim o significado por trás dos objetos utilizados. Este é uma grande limitação do padrão DNP3.

O mapeamento das estruturas de informação e dos mecanismos de comunicação de ambos os padrões é necessário, tanto para a execução de processos de atualização de SAS, quanto para a interconexão de sistemas que utilizem os dois padrões em diferentes operações da subestação.

Na Figura 4, se apresenta uma arquitetura de rede destacando a presença de um dispositivo conhecido como Gateway, o qual é o responsável pelo intercâmbio de informações entre dispositivos DNP3 e IEC 61850.

De forma geral, a arquitetura de rede apresentada na Figura 4 permite visualizar o escopo do mapeamento entre os dois padrões de comunicação. Note-se que existem dois tipos de interface: uma que permite estabelecer comunicação entre um dispositivo DNP3 Master com Servidores IEC 61850 e outra que permite estabelecer comunicação entre clientes IEC 61850 com dispositivos DNP3 Outstations.

Nesta seção, propõem-se critérios de associação entre as definições de ambos os padrões de interesse e que podem ser implantados num **Gateway**. É importante salientar que a proposta de arquitetura de Gateway é explanada em forma gradativa, conforme os seus componentes vão sendo descritos.

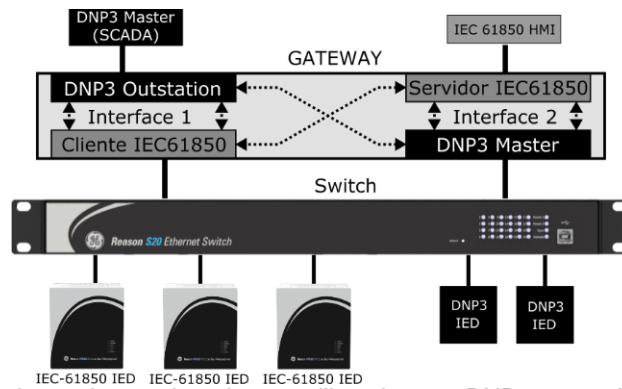


FIGURA 4 – Proposta de arquitetura de rede que utilizando tanto DNP3 quanto IEC 61850 (Fonte: Autor).

3.1 Associação de modelo de informação

Como ilustrado na Figura 3, a norma IEC 61850 fornece um modelo de informação hierárquico com os seguintes níveis:

1. Dispositivo Físico (IED)
2. Dispositivo Lógico (LD)
3. Nó Lógico (LN)
4. Objeto de Dado (DO)
5. Atributo (DA)

Um dispositivo físico pode estar formado por um ou muitos LDs, cujos nomes são utilizados para identificar univocamente as informações dentro do SAS. A norma IEC 61850 define que a identificação da informação está atrelada ao LD e não ao IED, possibilitando a criação de verdadeiros sistemas distribuídos através de mecanismos de comunicação. O formato da palavra de identificação das informações utiliza os nomes das entidades da hierarquia e é dado seguindo a estrutura: <IEDName>_LDName/LNName.DOName.DAName (4).

Por outro lado, para identificar a informação, o DNP3 utiliza dois Bytes do endereço da camada de enlace do IED, o número do grupo e o índice do ponto. Assim, a associação das entidades dos dois padrões não é direta. À continuação, propõem-se alguns critérios para o mapeamento das estruturas de informação entre os dois padrões¹:

- a. Para cada LD dentro da subestação (IEDs Servidores), é necessário criar uma instancia virtual de um dispositivo DNP3 Outstation dentro do Gateway.
- b. Para cada dispositivo DNP3 Outstation da subestação, é necessário criar um LD dentro do Gateway (todos pertencentes ao mesmo dispositivo físico – PHD IED).
- c. Cada dispositivo DNP3 Outstation virtual, criado no Gateway, contém o seu próprio arquivo XML de descrição (DNP3 Profile).
- d. Cada Gateway contém um único arquivo ICD, o qual descreve todos os LD criados.
- e. Para cada ponto no dispositivo DNP3 Outstation da subestação, existe um DA no seu correspondente LD do Gateway.
- f. Para cada DA dos IED da subestação, podem existir um ou mais pontos nos DNP3 Outstation virtuais do Gateway.

Na Figura 5, na forma de arquitetura conceitual, ilustram-se os critérios de associação descritos dentro do contexto do Gateway (3).

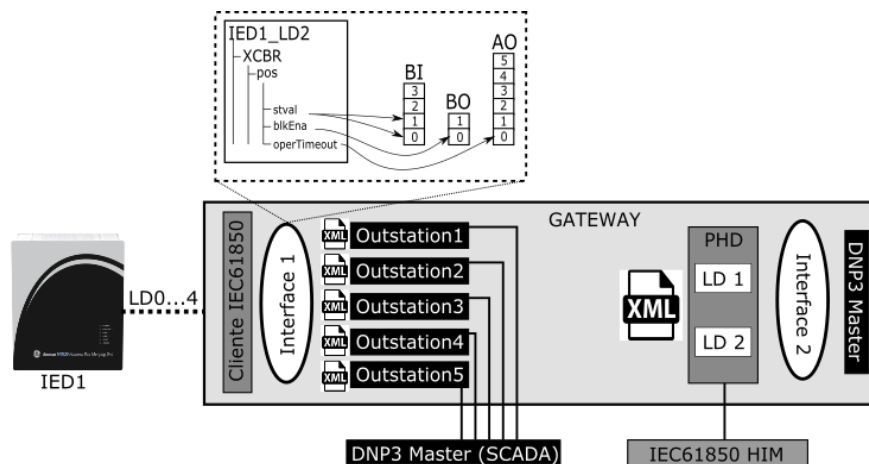


FIGURA 5 – Arquitetura do Gateway e associação entre DA e Pontos DNP3.

¹ Considera-se o estabelecimento da comunicação entre dois dispositivos da subestação, um utilizando DNP3 e outro utilizando IEC 61850, através de um Gateway

É importante salientar que no DNP3, o fluxo de informação está sempre referenciado desde o ponto de vista do Master, ou seja que os tipos de dados de saídas são pontos gerados pelo Master e executam alguma função no Outstation (saída de informação desde o máster). Igualmente acontece com os tipos de dados de entradas, os quais são pontos gerados pelo Outstation e são utilizados em alguma operação do Master (entrada de informação até o máster). Nesse contexto, nos dispositivos IEC 61850, todos os DA que contem informação do estado da Subestação (estado dos disjuntores, medições de tensão, etc) são associados com pontos do tipo Entrada Binária (BI) ou Entrada Analógica (AI). Já nos dispositivos IEC 61850, todos os DA utilizados para controle e operação dos equipamentos da subestação são associados com pontos do tipo Saída Binária (BO) ou Saída Analógica (AO). Por outra parte, propõe-se que para manter registro do mapeamento os nomes dos DA sejam escritos no DNP3 profile do Gateway já que não é possível associar os nomes dos DA com algum tipo de estrutura DNP3.

3.2 Associação dos mecanismos de comunicação

Para associar os mecanismos de comunicação do DNP3 com aqueles fornecidos pela norma IEC 61850, é necessário identificar as diferentes formas de intercâmbio de informação nas subestações. Assim, propõem-se três tipos de intercâmbio de informação:

1. Transmissão de informações geradas durante o **tempo de operação** do SAS (informações de estados, valores de medições de tensão e corrente, etc.).
2. Informações transferidas para o **controle** de equipamentos da subestação.
3. Informações transferidas para a **configuração e ajuste** de parâmetros dos dispositivos.

Seguindo essa classificação, na sequência propõem-se critérios de mapeamento dos serviços de comunicação para cada um dos grupos definidos.

3.2.1 Mecanismos de comunicação para informações geradas durante o tempo de operação do SAS.

Os mecanismos de comunicação que fazem parte deste grupo, pelo geral, possibilitam que as informações geradas por eventos sejam transmitidas no SAS. Assim, no Gateway propõe-se a existência de uma entidade que salva o estado de todas as variáveis da subestação que são reportadas utilizando estes mecanismos de comunicação. Essa entidade é chamada de “imagem virtual de processos” da subestação (3).

Seguindo a arquitetura de rede apresentada na Figura 4, a existência da “imagem virtual de processos” dentro do Gateway faria com que uma requisição de valores de variáveis monitoradas por eventos feita por um Master DNP3, seja tratada diretamente pelo Gateway e não necessite da retransmissão da requisição para cada um dos Servidores IEC 61850 da subestação.

Neste contexto, se faz desnecessária a associação dos mecanismos de comunicação que pertencem a este grupo, pois toda a informação é tratada pelo Gateway dentro do domínio correspondente, ou seja, não é preciso estabelecer paralelos entre os dois padrões já que não há “*tradução*” de informações de DNP3 para IEC 61850 e vice-versa.

A tabela 1 lista os mecanismos de informação que interagem com a “imagem virtual de processo”, em quanto a Figura 6 ilustra o funcionamento desta entidade dentro do Gateway. É importante salientar que para a proposta funcionar, a “imagem virtual de processo” deve ser atualizada consistentemente.

Tabela 1 – Mecanismos de comunicação para informações geradas em tempo de execução do SAS

DNP3	IEC - 61850
Unsolicited Report	Reporting
Read e Write	GetDataValues ou GetDataSetValues
Response	Subscrição de GOOSE
	Logging

Embora o DNP3 permita o reporte espontâneo de dados (Unsolicited Report), este não possui o conceito de configuração e controle da geração de reportes. A norma IEC 61850, define o **Report Control Bolck** (RCB) para esse cometido. Se propõe então, seguindo a arquitetura de rede da Figura 4, que as mensagens de Reporte geradas pelos Servidores IEC 61850 da subestação utilizem a “imagem virtual do processo” no Gateway. Na sequência, através da interface 1, utilizando os serviços de static polling, event polling ou unsolicited report, os Mestres DNP3 recuperem essa informação contida no Gateway.

De forma complementar, a imagem virtual do processo pode ser atualizada pelas mensagens de unsolicited reports dos Outstations DNP3 e logo depois serem recuperadas pelos Clientes IEC 61850 através de serviços de Reporte, Polling, Logging ou GOOSE.

3.2.2 Mecanismos de comunicação para operações de controle

Os principais mecanismos de comunicação para operações de controle no DNP3 são os serviços de: *direct-operate* e *select-before-operate*. A norma IEC 61850 também oferece estes mecanismos com algumas diferenças que devem ser consideradas no contexto do Gateway (3):

- a. No DNP3, mensagens chamadas de *Output Command Events* (eventos de comandos de saída), são transmitidas cada que mensagens de operação de BO ou AO, provindas de um Master, são recebidas por um Outstation.

Seguindo a arquitetura de rede da Figura 4, o Gateway automaticamente pode gerar estes eventos para um DNP3 Master externo que requisitou uma operação (interface 1).

- b. Os parâmetros de geração de pulso para um BO no DNP3 são mapeados “um para um” com os DA de controle de saída da IEC 61850. Porém, no DNP3 esses parâmetros são comunicados a cada operação de pulso transmitida do máster para o *outstation*, em quanto na IEC 6180 esses parâmetros são lidos e escritos uma única vez durante o tempo de configuração do IED. Nesse contexto, através do seu CID e com ajuda de um temporizador, o Gateway deve executar automaticamente duas operações de controle no Servidor IEC 61850 da subestação quando for implementar funções de pulso em pontos mapeados como saídas binárias.
- c. Ao contrário da norma IEC 61850, o DNP3 não define a execução de operações de controle em tempo definido (TimeActiveOperate). A abordagem de associação desse controle é parecida à do item anterior: No caso da execução de operações definidas no tempo, o Gateway é o responsável por transmitir automaticamente as mensagens, no tempo certo, para o *Outstation* DNP3.

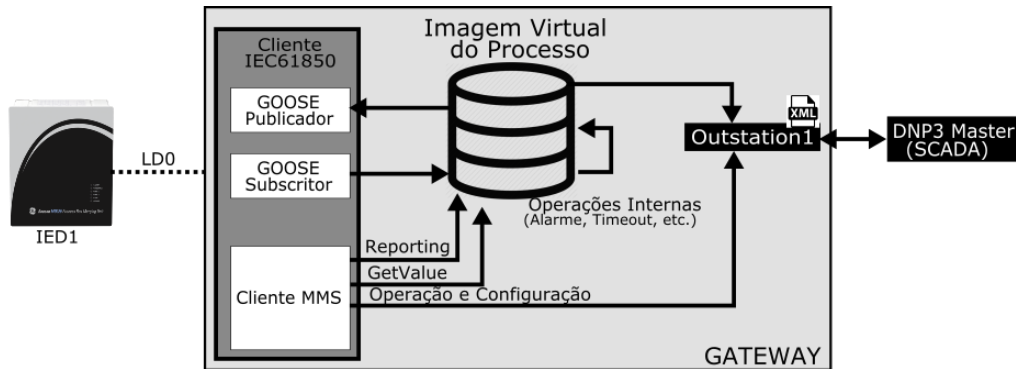


FIGURA 6 – Mapeamento de serviços de comunicação e “Imagem Virtual de Processos”.

3.3 Proposta de mecanismos de configuração

Como mencionado anteriormente, o padrão DNP3 define um arquivo chamado de “*Device Profile*” o qual contém informações sobre pontos, tipos de pontos utilizados, classes e demais informações de configuração do Outstation. Considerando uma subestação cujos IED pretendem ser atualizados (i.e. passar de utilizar DNP3 para utilizar IEC61850), propõe-se um processo que permite compartilhar o mapeamento descrito nas seções anteriores utilizando estruturas de texto formatados na linguagem XML e incluindo-as no arquivo Device Profile. O anterior tem como objetivo manter inalterada a comunicação entre os IED da subestação e o SCADA (máster DNP3) (3).

3.3.1 Estrutura geral do arquivo *DNP3 Device Profile* com informações IEC 61850

Na Figura 7 se ilustra a estrutura geral do arquivo DNP3 contendo uma seção específica para a associação do modelo de dados da norma IEC 61850. Como pode-se apreciar, a estrutura possui um cabeçalho e uma seção chamada de “*reference device*” a qual pela sua vez contém:

- Uma seção chamada de *configuration* com informações gerais do IED.
- Uma seção chamada de *database* com informações sobre os Grupos, Classes, etc. do IED.
- Uma seção chamada de “*Implementation table*” com informações sobre as capacidades do IED.
- Uma seção chamada de “*Data Point List*” contendo a lista de pontos utilizados pelo IED.
- Finalmente uma seção chamada de “*IEC 61850 Device Mapping*”, a qual é o foco deste texto, inclui informações sobre como deve ser feita a associação entre os pontos DNP3 e os DA da norma IEC61850. Nesta seção do arquivo “*Device Profile*”, através da semântica IEC61850, se fornece uma descrição precisa da relação entre os DA e os Tipos de pontos utilizados pelo DNP3. Adicionalmente são definidas algumas palavras chaves para especificar o tipo de transformação efetuada entre DA e pontos DNP3 (ver Tabela 2).

A Figura 8, apresenta um trecho do arquivo DNP3 Device Profile implementado com as modificações que descrevem o mapeamento dos DA. Note-se que no exemplo se ilustra o mapeamento entre um DA que representa o valor da estampa de tempo (*tmp.mag*) do LN de supervisão de temperatura (*STMP*) e um ponto DNP3 de entrada Digital (DI).

4.0 - CONCLUSÕES

(1). Neste artigo foram apresentadas algumas diretrizes que permitem a criação de dispositivos Gateways utilizados para integrar redes que operam sob os dois padrões mais representativos no âmbito da automação de subestações, DNP3 e IEC 61850.

(2) com ajuda da implementação de gateways, mesmo depois de processos de atualização de SAS, é possível manter sem alteração a operação de um sistema SCADA que opera como Master DNP3. Como foi mostrado, os modelos de informação e os mecanismos de comunicação de ambos os padrões são muito compatíveis entre si, permitindo o fluxo bidirecional de informações entre redes que suportam IEC61850 e DNP3.

(3) A atualização de SAS (do DNP3 para IEC61850) traz como ganho incorporar semântica nos mecanismos de comunicação da subestação, convertendo-se numa vantagem para os engenheiros de subestações pois possibilita identificar plenamente, dentro de um contexto, os valores das variáveis de cada equipamento.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<DNP3DeviceProfileDocument
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns="http://www.dnp3.org/DNP3/DeviceProfile/Nov2011"
  schemaVersion="2.08.00">
  <documentHeader>
    <!-- Document Header Information -->
  </documentHeader>
  <referenceDevice>
    <configuration>
      <!-- DNP3 Device Configuration Parameters-->
    </configuration>
    <iec61850DeviceMapping>
      <!-- Mapping to/from IEC 61850 -->
    </iec61850DeviceMapping>
    <database>
      <!-- DNP3 Device Database Parameters -->
    </database>
    <implementationTable>
      <!-- DNP3 Device Implementation Table -->
    </implementationTable>
    <dataPointsList>
      <!-- DNP3 Device Data Points-->
    </dataPointsList>
  </referenceDevice>
</DNP3DeviceProfileDocument>
```

FIGURA 7 – Estrutura do arquivo DNP3 Profile XML.

```
<iec61850DeviceMapping>
<!-- Mapping to/from IEC 61850 -->
<iec61850RuleMapping>
<note>This is an example of a rule based mapping</note>
<rule>FLOAT_TO_AI</rule>
<dnf3XPath>
  dnf:dataPointsList/dnf:analogInputPoints/dnf:dataPoints/dnf:analogInput[dnf:index=0]/dnf:dn
  pData/dnf:value
</dnf3XPath>
<iec61850Path fc="MX" dataType="FLOAT32" cdc="MV">
  IED_0006PROT/STMP.tmp.mag
</iec61850Path>
</iec61850RuleMapping>
<iec61850EquationMapping>
```

FIGURA 8 – Arquivo DNP3 Profile XML modificado.

Tabela 2 – Palavras chaves para mapeamento de DA e tipos de dados DNP3.

DNP3 Data Type	IEC 61850 DA Exemplos	Palavras chave
Binary Input	stVal, originSrc, sboClass, etc.	BOOLEAN_TO_BI ou ENUM_TO_BI
Binary Output	subEna, tstEna, ctlVal, setVal, etc.	BOOLEAN_TO_BO
Analog Input	f, i, minVal, maxVal, etc.	INT_TO_AI ou FLOAT_TO_AI
Analog Output	ctlModel, sboTimeOut	INT_TO_AO
Octet String	owner, primeOper, latitude, longitude, paramRev, xUnit, etc.	STRING_TO_OCT

5.0 - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

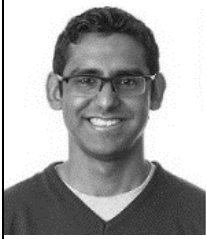
- (1) – GE, Protection And Control Journal: The Road Ahead. [s.l]: General Electric, 2009. 116 p. Disponível em: <https://www.gedigitalenergy.com/multilin/journals/issues/PCJ_Spring2009.pdf>. Acesso em: 20 set. 2016.
- (2) – IEEE Standard for Electric Power System Communication – Distributed Network Protocol. S.l.: IEEE, 2010
- (3) – IEEE Standard for Exchanging Information Between Networks Implementing IEC 61850 and IEEE Std 1815. S.l.: IEEE, 2015

(4) – INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC-61850: Communication Network and Systems in Substation. S.l.: Iec, 2008. v. 10.

(5) – KOSTIC, T., PREISS, O., FREI, C. Understanding and using the IEC 61850: a case for meta-modelling. Computer Standards & Interfaces, [s.l.], v. 27, n. 6, p.679-695, jun. 2005. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.csi.2004.09.008.

(6) – MACKIEWICZ, R. E. Overview of IEC 61850 and Benefits. 2006 IEEE PES Power Systems Conference And Exposition, Atlanta, v. 57, n. 57, p.623-630, out. 2006. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). DOI: 10.1109/psce.2006.296392.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

	<p>Héctor León, nascido em Barranquilla – Colômbia em 1985, possui mestrado na área de controle e automação pela Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis (2015), especialista em desenvolvimento de produtos eletrônicos pelo Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis (2012) e graduação em engenharia eletrônica pela Universidad Industrial de Santander -Bucaramanga, Colômbia (2008). Na GE Grid Solutions – Reason Product Line atua como engenheiro de desenvolvimento com interesse nas redes de comunicação industrial (IEC 61850, DNP3, Modbus, CAN), sistemas de tempo real e sistemas embarcados.</p>
	<p>Igor Henrique da Cruz, nascido em Foz do Iguaçu – PR em 1987. Graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) em 2010, e atualmente cursa o Mestrado em Engenharia Mecatrônica no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). É Líder de Desenvolvimento de produtos de medição, controle e proteção de sistemas elétricos de potência na GE Grid Solutions – Reason Product Line.</p>
	<p>Elias Bencz, nascido em Mafra - SC em 1990, graduado em engenharia Elétrica pela Universidade federal de Santa Catarina em abril de 2014 trabalha desde então na Reason Tecnologia – Atualmente uma unidade da General Eletric na aplicação da norma IEC 61580 com medição distribuída (Merging Units) e Linux embarcado. Possui uma patente internacional intitulada ‘improvements in or relating to the measurement of current within a conductor’ onde é documentado a aplicação aquisição de sinais de uma bobina de rogowski por uma merging unit e usando Sampled Values e dois artigos produzidos durante a graduação.</p>