

Arquitetura de Software para um Servidor de Comunicação baseado no Padrão IEC 61850

Michelet del Carpio Chávez, Jorge Risco Becerra, Nelson Tanomaru

Escola Politécnica da USP, Departamento de Computação e Sistemas Digitais
Avenida Prof. Luciano Gualberto, travessa 3 nº 380 - CEP - 05508-900 - São Paulo - SP
michelet.chavez@poli.usp.br, jorge.becerra@poli.usp.br, ntanomaru@uol.com.br

Resumo - O desenvolvimento de software destinado a hardware e protocolos de comunicação proprietários, implementações ad-hoc de padrões existentes têm sido apontadas como fatores que dificultam a interoperabilidade de software desenvolvido para o domínio elétrico. Estas características, aliadas à evolução constante do sistema elétrico e o surgimento de novos dispositivos e tecnologias, tornam ainda mais complexo o desenvolvimento de sistemas abertos.

Este trabalho propõe uma metodologia para o desenvolvimento de uma arquitetura de software orientada ao domínio do setor elétrico tendo como objetivo o desenvolvimento de um servidor de comunicação baseado no padrão IEC 61850. Aliados aos conceitos e técnicas de *Model Driven Architecture* e *Object Distributed Processing*, este modelo apresenta um modelo para definição de sistemas abertos, organizado por visões e modelos. Sua aplicação simplificou o processo de análise da norma e deu origem a um modelo arquitetural, o qual foi desenvolvido visando a implementação de um sistema aberto de comunicação.

I. INTRODUÇÃO

A criação de software para aplicações de grande porte pertencentes ao domínio do setor elétrico é uma nova e importante área de pesquisa na engenharia de software.

O trabalho tem como objetivos:

- Apresentar as técnicas de criação de arquiteturas mais apropriadas para o desenvolvimento de aplicações vinculadas ao domínio do setor elétrico;
- Apresentar uma arquitetura de software, utilizando as técnicas mencionadas, que possua os atributos de escalabilidade, desempenho e reutilização;
- Iniciar uma linha de pesquisa, dentro da engenharia de software, que permita suportar os novos padrões internacionais de comunicação (IEC 61850, IEC 61970) para simplificar o processo de criação de software associado a esses padrões.

O surgimento de novos padrões de comunicação

que visa atender às necessidades cada vez maiores relacionadas ao domínio de energia abre um campo de pesquisa para a aplicação da engenharia de software. Ao mesmo tempo, há uma grande dificuldade de representar as informações relativas ao setor de energia em forma de aplicações de software. Esta dificuldade exige o uso das novas técnicas de engenharia para sua solução. (V.C. Gungor e F.C. Lambert, 2006)

O artigo descreve brevemente o processo utilizado para a criação da arquitetura para um servidor de comunicação, cujo modelo está definido na norma IEC 61850, e a apresenta através de um diagrama de componentes UML (OMG, 2003)

A Seção 2 apresenta o conceito de arquitetura de software utilizado neste trabalho. A Seção 3 apresenta as técnicas utilizadas para a criação da arquitetura. O padrão IEC 61850 é apresentado brevemente na Seção 4. A Seção 5 mostra a arquitetura desenvolvida como resultado da pesquisa. As conclusões obtidas pelo trabalho são apresentadas na Seção 6.

II. TÉCNICAS PARA A CRIAÇÃO DA ARQUITETURA

O conceito de arquitetura de software utilizado neste trabalho está adequado ao proposto por (Kruchten e Obbink, 2006) no qual a estrutura e interação entre componentes é importante para a definição da arquitetura.

Para refletir os atributos de qualidade de escalabilidade, desempenho, reutilização e evolução, foram aplicados os conceitos de “separation of concerns” – tanto de forma horizontal como vertical, componentização e “architectural reflection”

A. Separation of Concerns

Esta técnica consiste em representar conceitos pertencentes a um mesmo nível de abstração que podem ser organizados a través de visões (Katz,

2003) (Solberg, Simmonds e Reddy, 2005)

B. Componentização

Esta técnica objetiva a construção de uma arquitetura cujas unidades de software possam ser desenvolvidas, implantadas e compostas independentemente. (Szyperski, 2002)

C. Architectural reflection

Esta técnica propõe a criação de elementos arquiteturais que viabilizem a própria evolução e a do software. As técnicas de introspection e intercession (McKinley, Sadjadi e Kasten, 2004) são apresentadas.

III. O PADRÃO IEC 61850

A. Introdução

Os sistemas de comunicação sempre foram considerados fator crítico na operação em tempo-real. Inicialmente, o telefone era utilizado para reportar condições de carga para os centros de controle e, reciprocamente, para passar aos operadores instruções de operações e despachos de carga. A comunicação digital se tornou uma opção viável somente nos anos 60. Os Sistemas de Aquisição de Dados (DAS) eram instalados para coletar, de forma automática, dados de medição das subestações.

Com o advento de novas necessidades de comunicação, literalmente milhares de pontos digitais e analógicos se tornaram disponíveis em um simples Equipamento Eletrônico Inteligente (IED) e a banda de comunicação deixou de ser um fator limitante.

As necessidades da comunicação atual incluem:
Comunicação de alta velocidade de IED para IED
Comunicação entre redes do sistema

Alta disponibilidade

Tempos de envio garantidos

Interoperabilidade entre diferentes fabricantes

Auto-configuração

Alta segurança

Facilidades de transferência de arquivos

Facilidade para manejar amostras de dados de tensão e corrente

O novo sistema de comunicação da começou com o desenvolvimento do protocolo “Utility Communication Architecture” (UCA) em 1988. Os conceitos e fundamentos obtidos por meio do desenvolvimento do UCA se tornaram a base para os Grupos de Trabalho 10, 11 e 12 do IEC TC57, que resultaram no Padrão Internacional – IEC 61850 – Redes de Comunicação e Sistemas em Subestações.

B. Estrutura do padrão IEC 61850

A estrutura do IEC 61850 utiliza o conceito de “definição abstrata” para definição de dados e serviços, isto é, objetos e serviços são criados independentemente de qualquer outro protocolo. A definição abstrata permite “mapear” os objetos e serviços para outros protocolos que atendam os dados e serviços requeridos. As seções 7.2 e 7.4 da Norma definem os serviços abstratos e os objetos de dados abstratos, respectivamente. Os objetos de dados são compostos de partes comuns, tais como: Status, Controle, Medições e Substituições. O conceito de “Common Data Classes”, ou “CDC”, foi desenvolvido utilizando-se blocos comuns para compor objetos de dados maiores. A seção 7.3 da Norma define os elementos “CDC”.

A seção 8.1 da Norma trata do “Manufacturing Messaging Specification”, ou MMS, que define o mapeamento dos objetos de dados e serviços aliados a este protocolo.

As seções 9.1 e 9.2 da Norma definem o mapeamento de Valores Amostrados Medidos e o Process Bus, respectivamente.

A seção 6 da Norma define a linguagem de configuração dos elementos, conhecida como “Substation Configuration Language” ou SCL. Esta linguagem permite uma descrição formal das relações entre o sistema de automação da subestação e os equipamentos de pátio. Cada equipamento deve prover um arquivo SCL que descreve sua própria configuração.

Embora inicialmente o IEC 61850 tenha sido concebido apenas para uso interno às subestações, estudos estão sendo realizados para utilizá-lo também na comunicação entre subestações e subestação – centro de controle.

C. Modelo de dados do IEC 61850

Protocolos normalmente definem como os bytes são transmitidos, entretanto, não definem como os dados devem ser organizados nos equipamentos, em termos de aplicação. Isto requer que os engenheiros de sistemas configurem e mapeiem os objetos manualmente, elemento por elemento, endereço por endereço. Adicionalmente às especificações do protocolo, o IEC 61850 proporciona um modelo amigável de como os equipamentos do sistema devem ser organizados de forma a garantir a consistência dos dados, independentemente da marca ou do fabricante. O fato de os equipamentos se configurarem elimina, em muito, horas e horas de trabalhos tediosos e improdutivos. Por exemplo, ao conectar um módulo de tensão/corrente em um relé provido do IEC 61850, a detecção do módulo é automática e o relé direciona aquela entrada para a unidade de medição, sem

necessidade da interação do usuário.

Alguns equipamentos utilizam um arquivo SCL de configuração de objetos e, para configurá-los, o engenheiro de sistemas necessita apenas fazer a importação e carregamento do respectivo arquivo de configuração. O resultado é uma grande redução de tempo de implantação e de custos. Além disso, o fato de se utilizar soluções padronizadas diminui, em muito, os erros e necessidades de testes abrangentes.

O modelo de um equipamento IEC 61850 começa com um elemento físico. Um elemento físico é aquele que se conecta à rede de comunicação. Um elemento físico é tipicamente definido como um endereço na rede. Dentro de cada elemento físico há um ou mais elementos lógicos. O modelo de elemento lógico no IEC 61850 permite a um simples elemento físico funcionar como um proxy ou gateway para elementos múltiplos, atuando como um concentrador.

Cada elemento lógico contém um ou mais pontos (nós) lógicos. Um ponto lógico, ou nó, é um grupo de dados e serviços associados que, de forma lógica, se reportam à mesma função.

Há pontos lógicos para o controle automático de nomes que começam com “C” (Supervisory Control), “G” (Generic Functions), “I” (Interfacing/Archiving), “L” (System Logical Nodes), “P” (Protection), “R” (Protection Related), “S” (Sensors), “T” (Instrument Transformers), “X” (Switchgear), “Y” (Power Transformers) e “Z” (Other Equipments). Cada ponto lógico possui uma identificação (LN-Instance-ID) e um sufixo para o nome do ponto. Por exemplo, suponha que há duas entradas de medição em um equipamento para medir dois alimentadores trifásicos.

O nome padronizado para um ponto lógico de medição é MMXU. Para discernir entre as medições de cada um dos alimentadores, o IEC 61850 adiciona o sufixo 1 e 2 ao nome. Desta forma, as unidades de medição seriam batizadas de MMXU1 e MMXU2. Cada ponto lógico pode, opcionalmente, também fazer uso de prefixo para efeitos de melhor identificação na rede (LN-prefix).

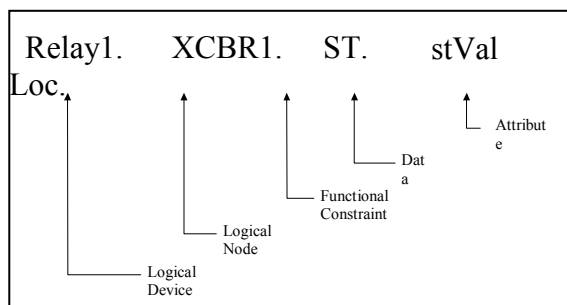


Figura 1 Estrutura de nomes do padrão IEC 61850

Cada ponto lógico pode conter um ou mais

elementos de dados. Cada elemento de dados tem um único nome. Esses nomes de elementos de dados são determinados pela Norma e são relacionados com sua funcionalidade no sistema de potência. Por exemplo, um disjuntor é designado como XCBR. Este equipamento possui uma variedade de dados como LOC (bloqueado), OpCnt (contador de operações), Pos (posição), BlkOpn (bloqueado para comando de abertura), BlkCls (bloqueado para comando de fechamento) e CBOpCap (disponibilidade de operação).

Cada elemento de dados pertencente àquele ponto lógico é definido de acordo com a especificação de um CDC (common data class). Cada CDC determina o tipo de estrutura dos dados dentro de um ponto lógico. Por exemplo, há CDCs para informação de status, informação de medição, informação de controle, status de ajuste etc.

Cada CDC tem um nome definido e uma série de atributos. Cada atributo de um CDC pertence a uma série de funcionalidades construtivas que agrupam os atributos em categorias.

D. Linguagem de Configuração de Subestações

A Linguagem de Configuração de Subestações (SCL) é especificada pelo IEC 61850 com base na eXtensible Markup Language (XML). A SCL possui uma hierarquia de arquivos de configuração que proporciona o uso de arquivos XML de forma ambígua e padronizada em vários níveis do sistema. Os arquivos SCL incluem especificações do sistema, tais como: descrição do sistema (SSD), descrição da capacidade do IED (ICD), configuração da subestação (SCD) e configuração do IED (CID). Todos estes arquivos são construídos mediante os mesmos métodos e formatos mas, dependendo da necessidade, possuem diferentes escopos.

Os principais benefícios do SCL são:

O SCL disponibiliza ferramentas de desenvolvimento off-line para gerar os arquivos necessários para a configuração automática dos IEDs, reduzindo, desta forma, custos e, senão todas, quase todas as tarefas de configuração manual.

O SCL possibilita que os arquivos de configuração sejam padronizados e utilizados por vários usuários e, assim, reduz inconsistências e equívocos na configuração do sistema. Os usuários podem fornecer seus próprios arquivos SCL para seus respectivos fornecedores e receberem seus IEDs já adequadamente configurados.

O SCL permite que as configurações sejam feitas off-line sem a necessidade de o IED estar conectado na rede

IV. ARQUITETURA DO SERVIDOR IEC 61850

A Figura 2 apresenta um diagrama de componentes que representa UML com a arquitetura do sistema.

Brevemente podemos descrever os passos que nos levaram à criação da arquitetura:

- Descrição do contexto de implantação. Este contexto forneceu uma idéia do ambiente operacional do software que seria desenvolvido;
- Identificação dos processos de negócio com os

quais o software está envolvido. Os resultados desta atividade servem como entrada para seguinte atividade;

- Agrupação e priorização dos requisitos de software. Estes requisitos foram agrupados em funcionalidades do usuário e funcionalidades do servidor, atributos relacionados com o software e a definição das suas restrições.
- Escolha de um ou mais padrões de arquitetura (Buschman et al, 1996).

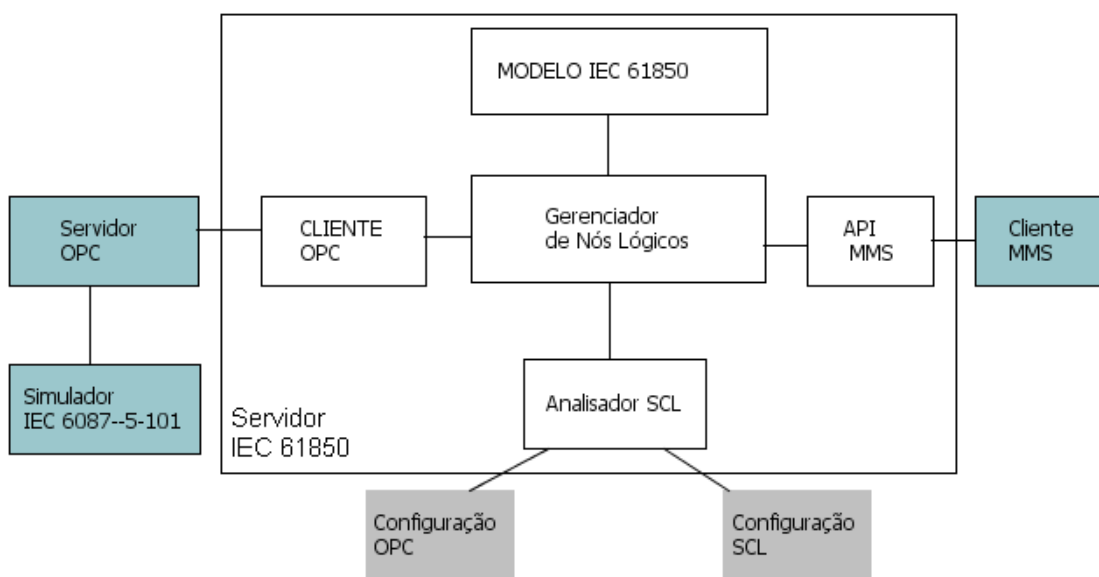


Figura 2 Diagrama de blocos que representa a arquitetura do servidor

Como resultado do processo descrito acima, foram identificados quatro componentes principais, sendo os dois primeiros o resultado da modelagem da norma IEC 61850 e os dois restantes, extensões desse modelo cujo fim é fornecer uma interface de acesso ao Servidor.

Os elementos envolvidos no funcionamento do servidor são:

A. Modelo IEC 61850

Representa o modelo de informação do servidor IEC 61850. Ele está compreendido pelas partes IEC 61850-6, IEC 61850-7-3 e IEC 61850-7-4. Os objetos de dados usados na norma IEC 61850-7-2 também estão incluídos nesta modelagem, já o aspecto computacional do modelo, i.e a parte de comunicação em si, é apresentada no documento “Protocolo de comunicação IEC 61850”.

B. Gerenciador de nós lógicos

Este componente está encarregado de criar uma representação de objetos computacionais de uma subestação, através de um documento de configuração escrito na linguagem SCL. Estes objetos, denominados de nós lógicos, são abstrações funcionais dos elementos de uma subestação.

Além da tarefa de criação de objetos, o Gerenciador controla a consistência do modelo de informação e a comunicação dos dados são fornecidos tanto pelo Cliente OPC como pela API MMS.

C. Cliente OPC

Este componente é encarregado da comunicação do Servidor com um Servidor OPC. As funcionalidades do componente consistem em:

- Recuperação da estrutura do Servidor OPC na inicialização.

- Criação de um arquivo de configuração do servidor OPC em XML.

- Comunicação de telecomandos para as remotas IEC 60870-5-101 através do servidor OPC.

Para mais informações sobre este componente veja-se o documento “Cliente OPC”.

D. API MMS

Este componente possui o papel de interface de comunicação com clientes que se comunicarem através do protocolo ISO 9506. Os detalhes do seu funcionamento são descritos no documento “Protocolo de comunicação IEC 61850”

E. Analisador SCL

Este componente está encarregado de analisar o conteúdo de um arquivo escrito na linguagem SCL o qual representa a configuração de uma subestação de energia. Após a avaliação do arquivo, é instanciada uma lista de objetos preliminares (nós lógicos) que logo após serão preenchidos e instanciados completamente pelo gerenciador de nós lógicos.

F. Configuração OPC

Este componente é representado por um arquivo de configuração contendo a estrutura do servidor OPC. Outras informações sobre este arquivo e sua podem ser encontrados no documento “Cliente OPC”.

G. Configuração SCL

Este arquivo de configuração, escrito na linguagem SCL e apresentado como um documento XML e representa a configuração de uma subestação de energia. O seu tratamento e análise é feito pelo componente Analisador SCL cada vez que o Servidor é iniciado.

Vale ressaltar que os dois últimos elementos são arquivos externos ao Servidor. Entretanto, existem outros elementos que são necessários para o funcionamento do servidor e serão adotados na fase de testes do sistema. Estes elementos são:

- Servidor OPC;
- Simulador IEC 60870-5-101;
- Cliente MMS;

Os dois primeiros elementos foram detalhados na implementação de uma infra-estrutura de teste do servidor OPC/ Simulador ASE2000. Com respeito ao cliente MMS, será utilizado o software AX4-MMS fornecido pela CTEEP.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O projeto do Servidor IEC 61850 foi concluído atendendo os requisitos acordados no início da fase correspondente ao segundo ano do projeto. Estes requisitos se referem à integração de sistemas legados que implementam o protocolo IEC 60870-5-101, utilizando o padrão OPC.

O Servidor IEC 61850 foi testado usando para simular uma estação remota com o protocolo IEC 60870-5-101 um “demo” do sistema ASE 2000, que apesar das limitações deste tipo de versão funcionou a contento.

Como cliente do Servidor IEC 61850 foi utilizado um Browser MMS incluído no pacote da API MMS EASE.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Szyperski, C. . Component Software: Beyond Object-Oriented Programming, 2nd Edition. s.l. : Addison-Wesley, 2002
2. Using Aspect Oriented Techniques to Support Separation of Concerns in Model Driven Development. Solberg, A., et al. . COMPSAC 2005. s.l. : Computer Software and applications Conference, 2005, Vol. 2, 121-126
3. Architectural Reflection: Bridging the gap between a running system and its architectural specification. Cazzola, W., et al. . 6th Reengineering Forum. 1998
4. Compsing Adaptive Software. McKinley, P. K., et al. . 7, s.l. : IEEE Computer, 2004, Vol. XXXVII
- 5., Object Management Group. . OMG MDA Guide v1.0.1. [Online] [Cited: 06 15 2006.], <http://www.omg.org/docs/omg/03-06-01>
6. T. Kostic, O. Preiss, C. Frei, "Understanding and Using the IEC 61850: A Case for Meta-Modelling," Elsevier Journal of Computer Standards & Interfaces, In Press, available online since 11 November 2004.
7. V.C. Gungor and F.C. Lambert, *A survey on communication networks for electric system automation*, Computer Networks, Volume 50, Issue 7, , 15 May 2006, Pages 877-897.
8. Kruchten, P.; Obbink, H.; Stafford, J., "The Past, Present, and Future for Software Architecture," Software, IEEE , vol.23, no.2pp. 22- 30, March-April 2006
9. IEC 61850 : *Communications Networks and Systems in Substations IEC Standard* , Nov 2005
10. IEC 61970 : *Energy Management System Application Programming Interface (EMS-API), draft* IEC Standard, set 2005
11. OMG: UML 2.0 *Infrastructure Specification, OMG Adopted Specification.* <http://www.omg.org/cgi-bin/apps/doc?ptc/03-09-15.pdf> (September 2003)
12. F. Buschmann et al. *Pattern-Oriented Software Architecture*