

# Sistemas Abertos de Supervisão e Controle e Subestações de Energia.

P. R. P. Oliveira, CTEEP; J. A. Jardini, EPUSP/ PEA/ GAGTD; L. C. Magrini, EPUSP/ PEA/ GAGTD; F. Crispino, EPUSP/ PEA/ GAGTD; H. K. Kiyohara, EPUSP/ PEA/ GAGTD; C. A. Villacorta, EPUSP/PEA/GAGTD

## RESUMO

A integração de equipamentos microprocessados provenientes de diferentes fabricantes tem sido um ponto que dificulta ou mesmo impede a automação de subestações de energia, visto que o desenvolvimento de conversores de protocolos é uma atividade trabalhosa, de resultados duvidosos e onerosos para a empresa. Mesmo a adoção de protocolos especialmente desenvolvidos para o setor elétrico, tais como o IEC 60870-5 e o DNP, não resolve todos os problemas, uma vez que apenas facilita a comunicação entre os equipamentos, restando ainda um considerável esforço de engenharia no sentido de integração dessas informações.

Na tentativa de disciplinar a evolução dos sistemas de automação de tempo real utilizados em linhas de transmissão, usinas e subestações, o IEEE publicou um conjunto de padrões internacionais que ficou conhecido como UCA % "Utility Communications Architecture". O padrão UCA vem recebendo adesão dos fornecedores de equipamentos e software para sistemas de automação elétricos, bem como da IEC, que está trabalhando na integração dos protocolos, modelos e serviços UCA para subestações através da norma IEC 61850.

Assim sendo, este projeto de dois anos tem o objetivo de investigar essa tecnologia e sua aplicabilidade em subestações da CTEEP, onde o primeiro ano foi destinado ao entendimento dessa nova tecnologia, contato com fabricantes, especificação e compra de IEDs (Intelligent Electronic Devices), além da especificação e implementação de algumas funções distribuídas. O segundo ano será dedicado análise da integração desses equipamentos com um sistema SCADA, dedicando-se especial atenção aos ganhos proporcionados por essa tecnologia, bem como aos eventuais problemas provocados pelo aumento de tráfego na rede em virtude da utilização da tecnologia de objetos.

Tendo em vista a importância e a repercussão dessa nova arquitetura na automação de subestações, este projeto visa a proporcionar a CTEEP o domínio da tecnologia, bem como capacitar seus engenheiros a especificar, projetar e integrar sistemas segundo essa nova filosofia.

## PALAVRAS-CHAVE

Sistemas abertos de Supervisão e Controle, Integração de IEDs, GOMSFE, GOOSE, UCA2, IEC 61850, SCADA.

P. R. P. Oliveira (Gerente do Projeto) trabalha na CTEEP – Transmissão Paulista (prpoliveira@ctEEP.com.br).

J. A. Jardini (Coordenador do projeto), Prof. Dr. Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/ Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da USP/ GAGTD (jardini@pea.usp.br).

L. C. Magrini (Pesquisador), PhD e trabalha no EPUSP/ PEA/ GAGTD – Grupo de Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia (magrini@pea.usp.br).

F. Crispino (Pesquisador), MSc e trabalha no EPUSP/ PEA/ GAGTD – Grupo de Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia (fcrispino@pea.usp.br).

C. A. Villacorta C. (Pesquisador), PhD e trabalha no EPUSP/ PEA/ GAGTD – Grupo de Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia (cavica@usp.br).

H. K. Kiyohara (Pesquisador), MSc e trabalha no EPUSP/ PEA/ GAGTD – Grupo de Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia (Kiyohara@pea.usp.br).

## I. INTRODUÇÃO

Em busca de uma maior integração entre as fontes de informação de tempo real, as concessionárias vem investindo uma quantidade crescente de recursos na tentativa de disciplinar a integração dos sistemas de automação de tempo real utilizados em linhas de transmissão, usinas e subestações. Assim o EPRI *Electric Power Research Institute* iniciou o projeto da arquitetura UCA em 1988 (EPRI, 1997). Com base nestes estudos a versão 2.0 da arquitetura UCA foi publicada pelo IEEE como o relatório técnico TR1550 em 1999 (IEEE).

Nessa primeira versão da arquitetura UCA realizou-se uma análise dos requisitos de troca de informações nas concessionárias e com base nesta análise foi realizada uma avaliação dos protocolos de comunicações existentes na época, resultando na seleção de um "roll de protocolos" e definindo um conjunto de "perfis".

Embora a versão 1.0 do UCA despertasse uma grande interesse na funcionalidade, sua adoção pela indústria foi limitada. Uma das barreiras mais significativas para a sua adoção foi a falta de detalhamento na sua especificação.

O UCA2, da mesma forma que na primeira versão, utiliza também uma família de protocolos internacionais, organizados em concordância com o modelo de referência OSI. Este modelo distribui as funções de comunicações em camadas, suportando assim uma variedade de padrões em cada camada permitindo uma variedade de combinações. O UCA2 adota o modelo com 7 camadas do OSI/ISO, podendo usar alternativamente o modelo TCP/IP na camada de transporte; Proporciona ainda um modelo simplificado do UCA utiliza 3 camadas para o uso de comunicações em tempo real, veja detalhes na Figura 1.

	7 cam. CO	WAN 7 CL	7 cam. modificado CO	Pilha reduzida CO	Pilha reduzida CL	LAN-FAIS	LAN- Ethernet	TCP/IP RFC 1006	TCP/IP RFC 1070	TCP/IP RFC 1240
Aplicação	MMS ACSE	MMS ACSE	MMS ACSE	MMS ACSE	MMS CL-ACSE	MMS	MMS ACSE	MMS ACSE	MMS ACSE	MMS CL-ACSE
Apresentação	Apresen-tação	CL- Apres	FastBy Pres					Apresen-tação	Apresen-tação	CL- Apres.
Sessão	Sessão	CL- Sessão	FastBy Sessão					Sessão	Sessão	CL- Sessão
Transporte	TP4	CLTP	CLTP					TP0 TCP	TP4 CNLP UDP	UDP
Rede	CLNP	CLNP	CLNP			Auxiliar		IP	IP	IP
MAC	LLC1 ADLC FT3 ou UCA 1	LLC1 ADLC FT3 ou UCA 1	LLC1 ADLC FT3 ou UCA 1	LLC1 ADLC FT3	LLC1 ADLC FT3 ou Ethernet	LLC3 802.4 Token Ring	LLC3 ADLC FT3 sob Ethernet	Ethernet SLIP, PPP (típico)	Ethernet SLIP, PPP (típico)	Ethernet SLIP, PPP (típico)
Data Link										
	7 camadas			3 camadas			TCP/IP			

FIGURA 1 - Protocolos definidos no UCA2.

Além dos protocolos de comunicação, a especificação do UCA versão 2.0 definiu dois contextos de comunicação (Figura 2):

- Comunicação entre centros de controle;
- Comunicação entre dispositivos de campo.

Estes contextos de comunicação fazem uso das facilidades proporcionadas pelo MMS (Manufacturing Message Specification) na camada de aplicação.

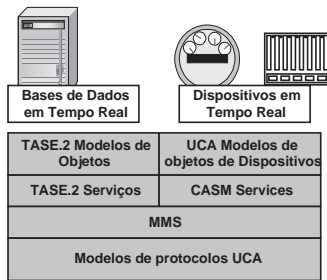


FIGURA 2 - Contextos de comunicação definidos no UCA 2.0.

### A. Comunicação entre Bases de Dados de Tempo Real (Real-Time Database Exchange)

Este contexto está orientado à comunicação entre centros de controle EMS - *Energy Management System* e SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*, sistemas de controle digital de plantas geradoras/subestações DCS - *Digital Control System*, e outros sistemas de alto nível, internos e externos à concessionária.

Neste contexto o UCA especificou o padrão TASE.2 - *Telecontrol Application Service Element 2*, também conhecido como ICCP - *InterControl Center Protocol*.

### B. Comunicação entre Dispositivos de Campo

A comunicação neste contexto foi descrita em dois documentos:

- GOMSFE - *Generic Object Models for Substation and Feeder Equipment* que descreve um conjunto de objetos que modelam a informação de campo relativa a subestações e alimentadores.
- CASM - *Common Application Service Models* onde se padroniza um conjunto de modelos genéricos que disciplinam as funções de comunicação, tais como ações de controle, coleta de dados, etc.

## II. GOMSFE - GENERIC OBJECT MODELS FOR SUBSTATION AND FEEDER EQUIPMENT

Este documento detalha os modelos de objetos que representaram as informações de campo das subestações e alimentadores. Na figura 3 é apresentado um exemplo que mostra a hierarquia dos elementos que compõem um dispositivo físico segundo o GOMSFE:

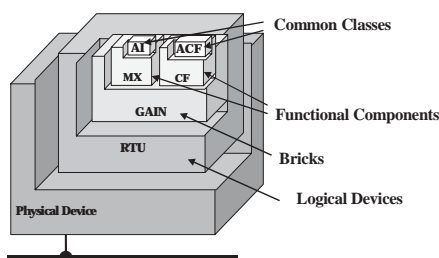


FIGURA 3 - Arquitetura de um objeto GOMSFE.

### A. Data Types (Tipos de Dados).

São os tipos de dados utilizados no CASM, a qual determinam o formato, número de bits e a faixa de valores possíveis.

### B. Common Components (Componentes Comuns).

Representam os componentes elementares usados na definição das classes de objetos. Os Componentes Comuns possuem um tipo de dado (Data Type) e um nome.

### C. Common Classes (Classes Comuns).

São grupos ou estruturas de componentes, que formam os atributos dos objetos modelados. As Classes Comuns representam os tipos de objetos mais frequentemente usados; um exemplo pode ser a Classe Comum apresentada na tabela 1.

TABELA 1  
Exemplo das Classes Comuns (Common Class)

Classes Comuns: AIEntrada analógica Analog Input		
Nome	Tipo de dado	m/o
i	INT16S	m
f	FLT32	o
q	BSTR16	o
t	BTIME6	o

Obs.: m - obrigatório (mandatory) o - opcional (optional)

### D. Bricks (Blocos).

Os Blocos básicos de construção são uma coleção de objetos, que podem ser Componentes Comuns e Classes Comuns. Os Blocos podem também ser definidos como agrupamentos de Classes Comuns reutilizáveis, direcionadas a um uso ou função particular. Dependendo de sua função particular dentro do Bloco o documento GOMSFE define uma classificação de classes comuns, denominada *Functional Components* (FC - Componente Funcional). Na tabela 2, podem ser observados tanto os componentes funcionais como as classes comuns que compõem o Bloco genérico GAIN.

TABELA 2  
Atributos que compõem o Bloco GAIN

FC	Nome	Classe Comun	rwe	m/o	Descrição
MX	In<n>	AI	r	o	Entrada analógica genérica
CF	In<n>	ACF	rw	o	Configuração das entradas In<n>
DC	In<n>	d	rw	o	Descrições das entradas In<n>
RP	brcbMX	BasRCB	rw	m	Bloco de controle de publicação automática das medidas

Obs.: rwe se refere operações possíveis sobre o componente r: read, w: write, e: execute, c: create

## E. Logical Devices (Componentes Lógicos).

Os Componentes Lógicos são agrupamentos especializados de Blocos que representam dispositivos, funções ou aplicações de problemas tais como: proteção, controle e aquisição de dados. Estes componentes lógicos são agregados para representar um equipamento (physical device).

## III. GOOSE - GENERIC OBJECT ORIENTED SUBSTATION EVENT.

Dentro do documento GOMSFE também é detalhado um modelo de comunicação entre IEDs (*peer to peer*). Este esquema de comunicação é denominado GOOSE, que proporciona uma comunicação binária orientada a eventos e direcionada às aplicações de proteção em subestações. Neste modelo, um dispositivo (produtor) reflete o acontecimento de um evento por meio de variáveis binárias. Uma mensagem GOOSE é uma coleção de variáveis binárias. Um exemplo de um evento é o *trip* de uma chave, este evento pode ser representado por uma mudança no valor de uma variável binária, que por sua vez é incluída dentro de uma mensagem GOOSE (Figura 4).

A mensagem GOOSE é disponibilizada na rede e somente os dispositivos interessados (consumidores) utilizarão a informação recebida.

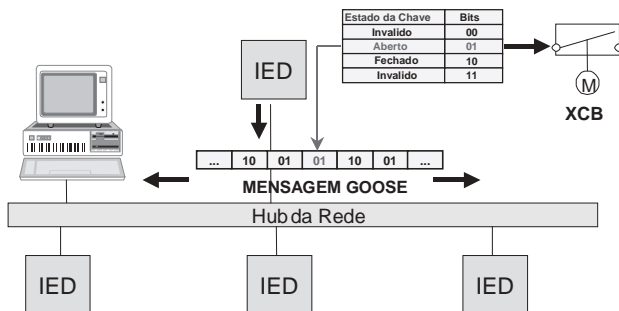


FIGURA 4 - Exemplo da comunicação de eventos GOOSE.

Um exemplo onde o GOOSE pode ser utilizado na proteção é o critério de eleição (*voting*), ilustrado na Figura 5. Este critério de proteção prevê o *trip* de um relé se dois dos três relés encontram-se no mesmo estado. Neste critério de eleição torna-se necessário a comunicação entre todos os relés, de forma que cada um deles possua a informação dos estados dos demais. O estado de cada relé dependerá do resultado da lógica interna perante as informações disponibilizadas pelos demais relés. Por exemplo, o relé dois, na Figura 5, precisa da informação do estado *trip* dos relés um e três.

O GOOSE oferece possibilidade de implementar mecanismos de temporização para detectar a falha na comunicação entre relés e também para predeterminar estados de segurança se isto acontecer. Por exemplo se falhar a comunicação do *trip* do relé 2 ao relé 1, o relé 1 detectará a falha da comunicação por temporização e dependendo do estado de segurança predeterminado irá ao estado de *no trip* ou *trip*.

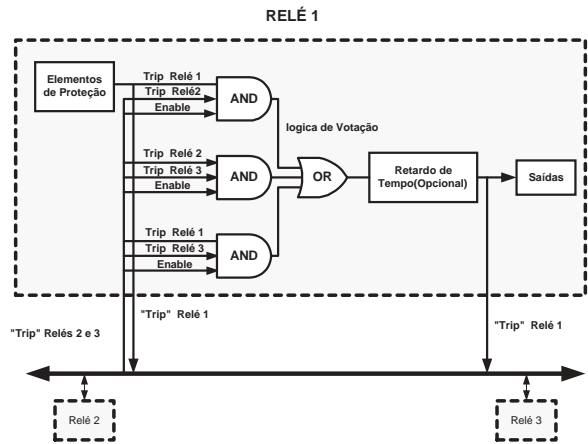


FIGURA 5 - Esquema de proteção Voting usando mensagens GOOSE.

## IV. CASM - COMMON APPLICATION SERVICE MODELS

Este documento padroniza um conjunto de modelos genéricos de funções de comunicação, que permitem aos aplicativos de aquisição e controle a manipulação das informações de campo.

Estes modelos baseiam-se nas funções ou procedimentos mais utilizados nas comunicações dentro das concessionárias para acesso a dados, relatórios de informações, arquivos de seqüência de eventos, funções de controle, etc.

O CASM segue o modelo de comunicação Cliente-Servidor, a partir do qual, os aplicativos clientes poderão acessar as informações de campo contidas nos servidores, que poderão ser qualquer equipamento que siga a filosofia UCA.

O CASM define 7 modelos de comunicação Cliente-Servidor (ver Figura 5):

- *Data Access Service Model.*
- *Reporting Service Model.*
- *Device Control Service Model.*
- *Multicast Service Model.*
- *DataObject Model.*
- *Time Model.*
- *Blob Model.*

O UCA2 pretende estimular a integração global das informações de uma concessionária. A Figura 6 ilustra um exemplo de integração de sistemas por meio da arquitetura UCA.

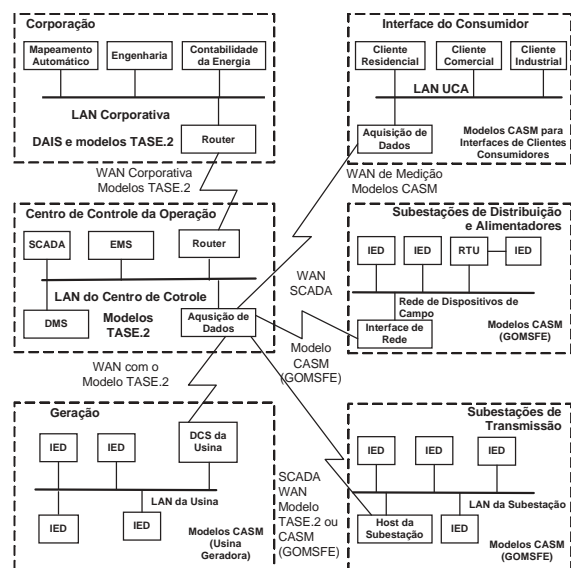


FIGURA 6 - Exemplo de integração de redes usando a arquitetura UCA (EPRI, 1997).

## V. RELAÇÃO UCA - IEC 61850

Paralelamente ao EPRI, o IEC - International Electrotechnical Commission iniciou também seus trabalhos de padronização das interfaces de informação. Assim, em 1995 o IEC reconheceu a necessidade de elaborar um padrão abrangendo redes de comunicação e sistemas em subestações, e formou novos grupos de trabalho o TC57, WG10, WG11 e WG12 para desenvolver um padrão internacional, que ainda se encontra em fase “draft” (IEC 61850).

Para aliviar o perigo de ter dois padrões diferentes e conflitantes os membros do IEC, EPRI e IEEE concluíram que o futuro padrão IEC 61850 estaria baseado nos modelos de dados e serviços do UCA.2 (Shephard, 2001). Assim, estes modelos e serviços podem ser mapeados para um grande número de protocolos padrão (tais como MMS, IEC 60870-5 e Profibus). Em teoria o UCA será o fundamento para o futuro padrão IEC 61850, devendo existir uma relação de integração e compatibilidade entre ambas padronizações, como pode ser observado na Figura 7.

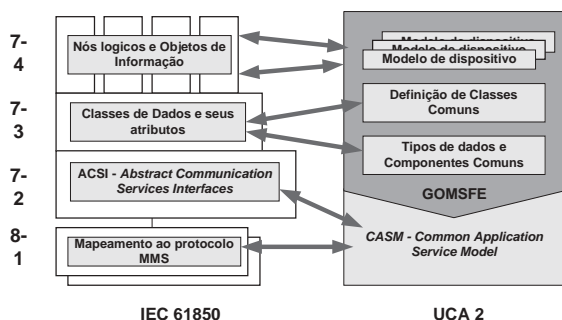


FIGURA 7 - Compatibilidade entre o padrão IEC 61850 e o padrão UCA 2.

## VI. PROJETO

### A. Descrição

A integração de equipamentos microprocessados provenientes de diferentes fabricantes tem sido um ponto que dificulta ou mesmo impede a automação de subestações de energia. Dessa forma espera-se que a adoção de um padrão único para a comunicação entre os equipamentos de uma subestação dará um grande impulso na integração dos sistemas e na automação de subestações.

Como ocorre com outros protocolos, onde diferenças de entendimento da norma pelos diferentes fabricantes em determinados pontos do protocolo que impede a sua integração, com a IEC61850 essas diferenças não poderão acontecer. Assim sendo como a norma está em fase *draft*, devemos verificar a compatibilidade entre os equipamentos de diferentes fabricantes para assegurar da possibilidade de integração desses equipamentos na subestação.

### B. Objetivos do projeto

Este projeto tem o objetivo de investigar a tecnologia do UCA/IEC61850 e sua aplicabilidade em subestações da CTEEP. Para tanto, o projeto tem duração de dois anos,

onde no primeiro ano foram previstas as seguintes etapas:

- Entendimento dos novos conceitos introduzidos pela norma IEC 61850 e UCA;
- Definição e especificação funcional de um protótipo, sob a ótica dessa nova tecnologia;
- Pesquisar e efetuar consultas a fabricantes internacionais que já comercializam produtos aderentes à norma IEC 61850;
- Adquirir equipamentos e softwares definidos pela pesquisa;
- Instalar o protótipo em uma subestação a ser definida;
- Analisar o comportamento do protótipo, tanto em termos de desempenho quanto aos objetivos de facilidade de integração, manutenção e operação.

Para o segundo ano foram previstas as seguintes etapas:

- Análise da integração desses equipamentos com um sistema SCADA, dedicando especial atenção aos ganhos proporcionados por essa tecnologia, bem como aos eventuais problemas provocados pelo aumento de tráfego na rede em virtude da utilização da tecnologia de objeto;
- Uma reavaliação da especificação Funcional juntamente com uma nova pesquisa de mercado para avaliar a disponibilidade de novos equipamentos aderentes a norma;
- Análise da problemática da coexistência dos sistemas atuais com essa futura tecnologia.

### C. Protótipo

Uma vez que o objetivo principal é avaliar a capacidade de interoperabilidade que oferece a arquitetura UCA, o presente projeto desenvolveu um conjunto testes baseados na função de intertravamento, baseada em requisitos que envolvem sinais coletados por dois equipamentos distintos, que se comunicam via UCA2 ou IEC61850.

O intertravamento é uma função simples de se implementar, e tem como fundamento a comunicação entre os equipamentos de campo.

A arquitetura UCA aplicada ao intertravamento, a tornará uma aplicação distribuída onde equipamentos de diferentes fabricantes podem interoperar sem problemas.

Assim sendo foi concebida uma plataforma de testes com dois IEDs de diferentes fabricantes ligados em rede.

A seguir são mostrados dois exemplos de testes, para avaliar o desempenho da comunicação entre IEDs:

#### 1) Teste 1

A Figura 8 esquematiza a implementação de uma lógica simples para o intertravamento de seccionadoras e disjuntores.

A tabela 3 mostra as informações modeladas para implementar a lógica deste primeiro teste.



TABELA 3.

**Informações do intertravamento.**

Objetos de Estado	Objetos de Comando		
S1	Estado da seccionadora número 1	CDa	Comando de disjuntor "a"
S2	Estado da seccionadora número 2	CS1	Comando da seccionadora 1
Da	Estado do disjuntor "a"	CS2	Comando da seccionadora 2

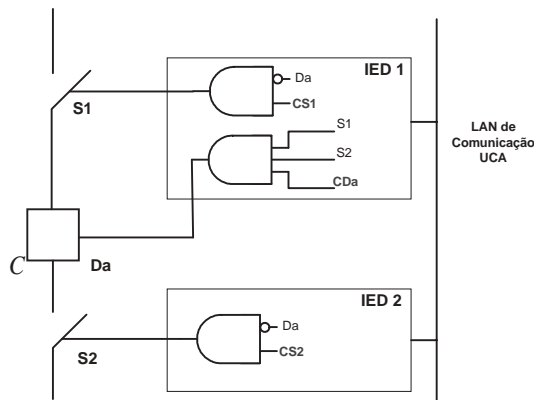


FIGURA 8 – Tese de interoperabilidade 1.

**2) Teste 2**

Este teste simula uma aplicação de configuração barra dupla disjuntor duplo.

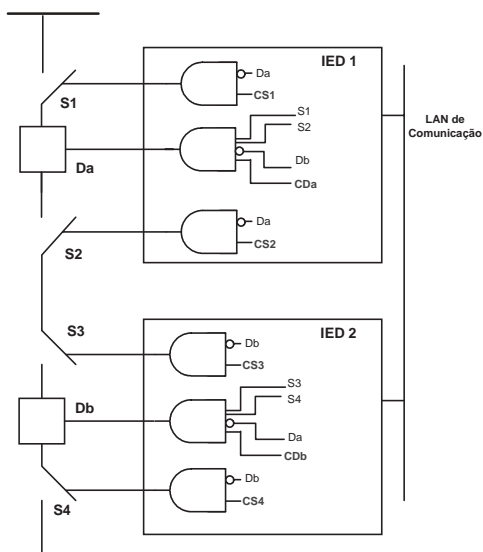


FIGURA 9 – Tese de interoperabilidade 2.

**D. Aspectos de Avaliação**

Os aspectos considerados na avaliação da interoperabilidade entre os dois equipamentos podem dividir-se em dois grupos:

**1) Interoperabilidade**

Segundo este critério se observará o seguinte:

- Se os objetos atendem as necessidades dos intertravamentos propostos;
- Em que medida os objetos padronizados pelo UCA foram adotados pelos fabricantes dos equipamentos da plataforma e;
- Em que medida o IEC 61850 é compatível com o UCA.

**2) Desempenho**

Nestes testes também deverá ser verificado que todos os tipos de sinais como os de seleção, de liberação ou de bloqueio devêm ser transmitidos em um tempo total de aproximadamente 10ms. O tempo do cálculo da função de intertravamento não é definido pela norma, porem é recomendado que seja ser menor que 1s.

Na figura 10 é mostrado o modelo UML das classes de objetos segundo o GOMSFE para a implementação do intertravamento.

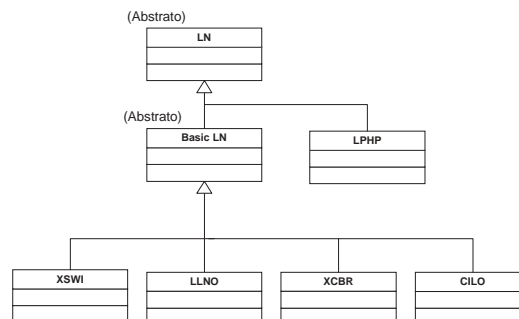


FIGURA 10 - Modelo UML de classes do sistema.

**E. Objetivos alcançados no primeiro ano**

Existem no mercado diversos fabricantes de equipamentos compatíveis com o UCA (relés, RTUs, concentradores de dados, gateway, etc.), porém verificou-se que nem todos possuem o produto para a entrega. No momento de colocação do pedido de compra, verifica-se que produto está em fase de desenvolvimento.

Verificou-se que alguns fabricantes, apesar de anunciar que possuem equipamentos compatíveis com o protocolo UCA, não implementaram totalmente os conceitos do UCA2/IEC 61850 e esperam a demanda das concessionárias para poder custear o desenvolvimento do protocolo. Entretanto, outros fabricantes estão interessados na ploriferação da utilização dessa nova arquitetura, colocam no mercado equipamentos compatíveis com o UCA/IEC 61850.

Assim sendo se perdeu muito tempo na pesquisa de fabricantes, os quais muitas vezes terminavam revelando que o produto ainda se encontrava em fase de desenvolvimento e aliado aos altos custos dos equipamentos que ficaram acima dos previstos pelo desembolso do projeto, tivemos um atraso no cronograma na etapa de aquisição dos equipamentos.

Para o próximo ciclo está prevista a montagem um protótipo com dois equipamentos de fabricantes diferentes e um SCADA juntamente com as etapas do primeiro ciclo que tiveram atrasos. O SCADA se comunicará com os equipamentos através do protocolo UCA por uma interface OPC (OLE for Process Control). Dessa forma será possível utilizar o SCADA já utilizado pela CTEEP, todavia há a necessidade de um driver UCA/OPC. Na Figura 11 é mostrado o diagrama de interligação dos equipamentos com o SCADA.

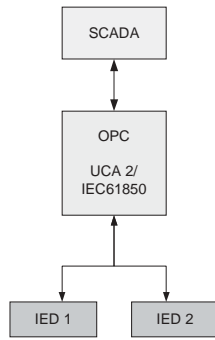


FIGURA 11 - Diagrama de interligação dos equipamentos.

## VII. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- [1]. IEC 61850 (draft) - Communications Networks and Systems in Substations.
- [2]. IEEE Technical Report 1550, Utility Communications Architecture (UCA), 1999.
- [3]. ELECTRICAL POWER RESEARCH INSTITUTE. Common Application Service Models (CASM) and Mapping to MMS., EPRI, draft 1.5, September, 1998.
- [4]. Apostolov, A.P.; "Integration of legacy intelligent electronic devices in UCA based digital control systems", Power Engineering Society Winter Meeting, 2002, Volume: 1, 2002, Page(s): 648 - 653.
- [5]. Shephard, B.; Janssen, M.C.; Schubert, M.; "Standardized communications in substations", Developments in Power System Protection, 2001, Seventh International Conference on (IEE), 2001, Page(s): 270 - 274.
- [6]. Beupre, J.A.; Lehoux, M.; Berger, P.A.; "Advanced monitoring technologies for substations", Transmission and Distribution Construction, Operation and Live-Line Maintenance Proceedings. 2000 IEEE ESMO - 2000 IEEE 9th International Conference on, 2000, Page(s): 287 - 292.
- [7]. Sanz, R.; Clavijo, J.A.; Segarra, M.; de Antonio, A.; Alonso, M.; "CORBA-based substation automation systems", Control Applications, 2001. (CCA '01). Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on, 2001, Page(s): 773 -777.
- [8]. Adamiak, M.; Baigent, D. Practical Considerations in Application of UCA GOOSE. GE Industrial Systems: Technical Publication. Disponível em: <<http://www.geindustrial.com/industrialsystems/pm/notes/>>. Acesso em: 27 out. 2000.

## VIII. BIOGRAFIA

**José Antonio Jardini**, nasceu em 27 de março de 1941, formado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP (EPUSP) em 1963. Mestre em 1970, Doutor em 1973, Livre Docente/ Prof Associado em 1991 e Professor Titular em 1999 todos pela EPUSP Departamento de engenharia de Energia e Automação Elétricas (PEA). Trabalhou de 1964 a 91 na Themag Eng. Ltda atuando na área de estudos de sistemas de potência, projetos de linhas e automação. Atualmente é professor da escola Politécnica da USP do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas onde leciona disciplinas de Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. Foi representante do Brasil no SC38 da CIGRE, é membro da CIGRE, Fellow Member do IEEE, e Distinguished Lecturer do IAS/IEEE.

**Luiz Carlos Magrini** nascido em São Paulo, Brasil, 3 de Maio de 1954. Graduado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1977 (Engenharia Elétrica). Recebeu pela mesma instituição o título de MSc e PhD em 1995 e 1999, respectivamente. Trabalhou por 17 anos na Empresa Themag Engenharia Ltda. Atualmente, além de Professor de Universidades faz parte, como pesquisador/ coordenador de Projetos do Grupo GAGTD na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

**Ferdinando Crispino**, nasceu em Nápoles, Itália em 20 de março de 1971. Graduou-se em técnico em eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Getulio Vargas em 1989. Graduado em engenharia elétrica com ênfase em Energia e Automação Elétricas na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP em 1998. Recebeu pela mesma instituição o título de MSc em 2001. Atuou na área de equipamentos para aviação no departamento de projetos especiais da TAM, em projetos de instalação de semáforos inteligentes na cidade de São Paulo pela SETEPLA Engenharia e atualmente trabalha como pesquisador pelo grupo GAGTD na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

**Carlos Alberto Villacorta Cardoso**, nascido em Lima, Peru, 27 de Fevereiro de 1971. Graduado em Engenharia Eletrônica pela Faculdade de Engenharia da *Universidad Antenor Orrego de Trujillo* (Trujillo, Peru). Recebeu os títulos de MSc e PhD em Engenharia Elétrica, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (São Paulo-Brasil), em 1998 e 2002 respectivamente. Atualmente faz parte do grupo GAGTD (Grupo da Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica) do PEA (Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas) da EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

**Paulo Roberto Pedrosa de Oliveira**, nascido em Pirassununga, estado de São Paulo, em 1954. Graduado em engenharia eletrônica pela Universidade Estadual de Campinas, em 1978. Curso e especialização pela Universidade de São Paulo – USP em 2002. Participou da implementação de sistemas de supervisão e controle de energia elétrica nas empresas CESP – Companhia Energética de São Paulo e CTEEP – Transmissão Paulista, onde hoje exerce a função de gerente da divisão de supervisão e automação.

**Humberto Katsuo Kiyohara**, nascido em São Paulo, SP, Brasil, em 22 de janeiro de 1971. Graduado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1995 (Engenharia Elétrica com ênfase em Energia e Automação). Recebeu pela mesma instituição título de MSc em 1999. Atualmente trabalha como Engenheiro pesquisador no GAGTD (Grupo da Automação da Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica) do PEA (Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas) da EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).