



Goose Scope - Ferramenta de Software Livre para a Captura e Análise Gráfica de Mensagens Goose IEC 61850

<p>Felipe Trevisan</p> <p>Itaipu Binacional Superintendência de Operação</p> <p>Brasil</p>	<p>Igor Habib</p> <p>Universidade Estadual do Oeste do Paraná</p> <p>Brasil</p>
--	--

RESUMO

Seguindo a tendência do setor elétrico quanto à automação de sistemas de proteção e controle, diversos fabricantes vêm desenvolvendo novos equipamentos e ferramentas de engenharia com foco na interoperabilidade entre dispositivos, objetivo da norma IEC 61850. Empresas do setor elétrico, por sua vez, se deparam com uma nova filosofia de projeto, operação e manutenção desses sistemas. Como consequência, a tecnologia digital envolvida nesse processo exige dos profissionais conhecimentos da área de tecnologia de informação para lidar com a infraestrutura computacional de suporte às aplicações de controle e proteção.

Neste contexto, o trabalho apresenta o projeto e implementação de um protótipo computacional (Goose Scope) para captura, visualização e análise gráfica de mensagens de comunicação tipo Goose (*Generic Object Oriented Substation Event*). O aplicativo foi desenvolvido com base em ferramentas e bibliotecas de software livre, com objetivo de fornecer uma solução aberta para apoio à realização de ensaios de comissionamento, depuração de erros e testes de integração de sistemas baseados na norma. Além disso, o trabalho visa subsidiar a formação de uma base de conhecimento sólida com foco na implementação da norma, *know-how* atualmente detido, em sua maior parte, por fabricantes de equipamentos.

Com relação às funcionalidades implementadas, o protótipo realiza a captura de frames Ethernet e faz a decodificação de mensagens Goose de acordo com arquivos de configuração no padrão SCL (*Substation Configuration Language*), formato utilizado para intercâmbio de configurações entre ferramentas de engenharia e softwares de configuração de IEDs (*Intelligent Electronic Device*). Uma vez decodificadas, as mensagens podem ter seus *DataItems* visualizados graficamente, permitindo uma análise temporal de eventos, ou ter os valores dos campos apresentados em formato tabular para uma inspeção detalhada dos pacotes.

No decorrer do trabalho são abordados aspectos da norma IEC 61850 que serviram de base para a construção do aplicativo. Apresenta-se a estrutura dos arquivos SCL, evidenciando seções responsáveis pela configuração das mensagens Goose e destacando a estratégia adotada para interpretação desses arquivos. Da mesma forma, o mecanismo de geração dos pacotes, detalhes da composição dos frames e parâmetros de configuração das mensagens são discutidos, servindo de base para apresentação da solução implementada para a decodificação dos pacotes.

Testes foram conduzidos para validar individualmente as funcionalidades do protótipo. Arquivos SCL gerados por diversas ferramentas de engenharia/configuração foram carregados pelo aplicativo com objetivo de verificar o correto funcionamento do módulo interpretador de arquivos. Numa segunda etapa, um cenário prático com IEDs de três fabricantes distintos foi



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

utilizado para o teste de captura e decodificação de mensagens. Em ambos os casos resultados satisfatórios foram obtidos. Além disso, a ferramenta de inspeção de pacotes desenvolvida possibilitou a detecção de uma não-conformidade em um dos equipamentos testados.

Além de resultados satisfatórios obtidos com as funcionalidades do protótipo, o trabalho proporcionou uma grande oportunidade para geração de conhecimento com foco nos detalhes de implementação da norma IEC 61850, servindo de base para o desenvolvimento de futuras aplicações. Vale ressaltar que esse tipo de conhecimento, para empresas do setor elétrico, representa uma capacidade de análise mais completa das funcionalidades e limitações dos produtos disponíveis no mercado.

PALAVRAS CHAVES

Ferramenta de Teste IEC 61850; Mensagens Goose; SCL; ASN.1; Software Livre; Captura/Análise de pacotes.

1. INTRODUÇÃO

A crescente adoção da IEC 61850 por empresas do setor elétrico e fabricantes de equipamentos sinaliza que a norma está se tornando um padrão de fato para a comunicação entre dispositivos de controle, automação e proteção de sistemas de potência [1]. Face às tecnologias envolvidas com essa nova geração de equipamentos, o uso de ferramentas adequadas de software no apoio às atividades de projeto, implantação e testes de sistemas de automação tem se tornado cada vez mais necessário.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo computacional para a captura, visualização e análise gráfica de mensagens Goose, podendo ser utilizada como ferramenta de apoio na realização de ensaios e testes de equipamentos baseados na norma IEC 61850. O trabalho foi desenvolvido no âmbito do programa de Pós-graduação em Automação, Controle e Supervisão do Processo Elétrico baseado na Norma IEC 61850, promovido pela Unioeste (Universidade Estadual do Oeste do Paraná) como demanda do Programa de Atualização Tecnológica de Itaipu Binacional [2].

Na seção 2 são apresentados aspectos relacionados à configuração e estrutura de mensagens Goose. Na seção 3 são abordados detalhes da implementação do protótipo computacional bem como das ferramentas de software utilizadas no desenvolvimento. Na seção 4 apresentam-se resultados de testes realizados com a ferramenta desenvolvida, enquanto na seção 5 são discutidas as considerações finais do trabalho.

2. MENSAGENS GOOSE IEC 61850

Nesta seção são apresentados detalhes da estrutura das mensagens Goose, aspectos relacionados ao mecanismo de envio e recepção dos pacotes de dados e o esquema de configuração das mensagens Goose via arquivos SCL.

2.1 Mecanismo de Comunicação

No que diz respeito ao mecanismo de comunicação, o envio e recebimento de mensagens Goose utiliza o mecanismo *publisher/subscriber* e o modelo de associação *multicast*, o que permite vários dispositivos assinarem a mesma mensagem. Para simplificar o esquema de transmissão e reduzir os tempos envolvidos, as mensagens são postadas na rede sem a solicitação dos

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

assinantes e sem a confirmação de recebimento. Assim, para garantir a confiabilidade do serviço, as mensagens devem ser retransmitidas em intervalos de tempo reduzidos (*burst* de mensagens) na ocorrência de eventos (comando de *tripp* para um disjuntor, por exemplo). Em condições normais, as mensagens Goose são retransmitidas a uma taxa reduzida (mensagem de *heartbeat*) para sinalizar o correto funcionamento do canal de comunicação e do próprio IED.

2.1 Estrutura da Mensagem

Com base no modelo ISO/OSI, a pilha de protocolos utilizada na transmissão de mensagens Goose contempla, para o T-Profile (perfil de transporte), o padrão Ethernet (ISO/IEC 8802-3:2001) além dos protocolos IEEE 802.1p (priorização de pacotes) e IEEE 802.1Q (segmentação lógica de redes). Para o A-Profile (perfil de aplicação), as mensagens Goose utilizam o padrão ASN.1 (*Abstract Syntax Notation One*) para descrição da estrutura de dados das mensagens [3].

Os dados codificados em ASN.1 são transferidos em conjuntos de três informações: *tag* (T), *length* (L) e *value* (V) - TLV. Ao primeiro campo (*tag*) é atribuído o tipo de informação a ser transmitida. O segundo byte (*length*) define o tamanho do dado, em bytes, enquanto o restante dos dados (*value*) representa a informação propriamente dita (FALK; BURNS, 2001). Na seção 8-1 da norma IEC 61850 define-se, a partir da notação ASN.1, o mapeamento das informações a serem transmitidas pelas mensagens Goose para o protocolo MMS (*Manufacturing Message Specification*), o qual estende os tipos primitivos definidos pela ASN.1 [4]. A título de exemplo, a Figura 1 apresenta os dados brutos (em destaque) de uma mensagem Goose e a identificação dos campos de dados da mensagem.

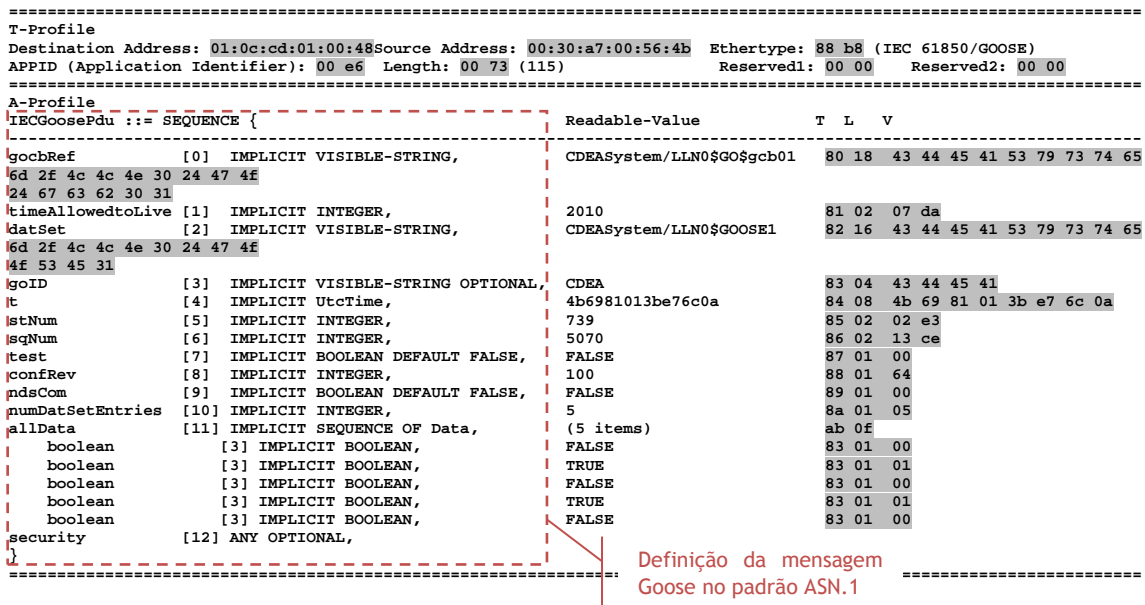


Figura 1 – Captura de pacote de rede contendo uma mensagem Goose.

A figura contempla tanto os dados do perfil de transporte (*Ethernet*) como do perfil de aplicação (codificada em ASN.1). No caso da mensagem representada na figura, nota-se que são transportados cinco *DataItems* booleanos. A identificação de cada item bem como a sequência em que aparecem no corpo da mensagem podem ser obtidas do arquivo de configuração do IED no padrão SCL.

2.2 Configuração SCL

O padrão SCL (*Substation Configuration Language*), especificado na norma IEC 61850-6, define um formato a ser usado em arquivos de configuração de IEDs. Arquivos SCL são descritos no utilizando esquemas XML (*Extensible Markup Language*) e são utilizados para armazenar a configuração das interfaces de comunicação e o modelo de dados do IED.

Dentre as seções que compõem os arquivos SCL destacam-se aquelas que contemplam aspectos da configuração das mensagens Goose [5]:

- *Communication*: configuração lógica das mensagens como: endereço MAC, application ID e prioridade/ID da VLAN associada à mensagem;
- *IED*: configuração do *DataSet* associado a cada mensagem Goose, ou seja, lista ordenada das informações contidas na mensagem. Os dados são definidos por *FCDA*s (*Function Constraint Data Attributes*) que fazem referência a um dado (*DataItem*) no contexto da norma. Exemplo: FOZC/ANN/SVTGGIO05.Ind05.stVal;
- *DataTypeTemplate*: descrição dos dados instanciáveis do IED. Os dados são organizados seguindo uma estrutura hierárquica: nós lógicos, objetos de dados e atributos.

3. IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

O protótipo desenvolvido faz a leitura de arquivos SCL, contendo a definição das mensagens Goose configuradas para o sistema, e interpreta pacotes de mensagens capturadas diretamente da rede ou de arquivos .pcap (captura de pacotes). Como resultados, o aplicativo permite a geração de gráficos dos *DataItems* contidos nas mensagens e a visualização dos atributos da mensagem decodificados. A Figura 2 apresenta um diagrama simplificado das interfaces de entradas/saídas do aplicativo.

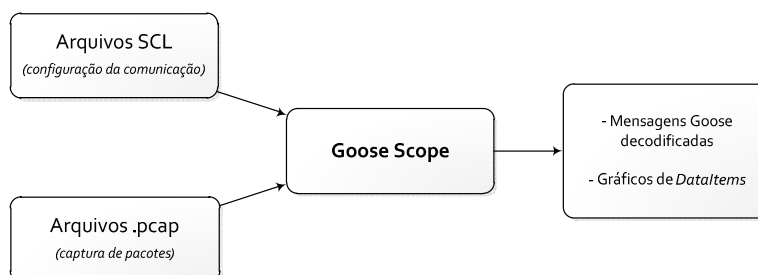


Figura 2 - Interfaces do aplicativo.

3.1 Decodificação das mensagens

A partir da interpretação de arquivos SCL que contém a configuração de todos os IEDs de um sistema de automação (arquivos SCD - *Substation Configuration Description*, por exemplo), é possível identificar as mensagens Goose configuradas para o sistema, bem como o conteúdo definido para cada uma delas. Essa deve ser a primeira etapa no processo de decodificação das mensagens, ou seja, o aplicativo deve fazer a carga de um arquivo SCL contendo a configuração das mensagens Goose a serem decodificadas. Nesse processo são obtidas tanto as configurações lógicas do bloco de controle Goose (endereço MAC das mensagens, atributos da VLAN associada), como a identificação e o tipo de dados dos *DataItems* contidos nas mensagens.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ 19, 20 y 21 de setiembre de 2012

Uma vez carregadas as configurações de todas as mensagens Goose definidas em um arquivo SCL, é possível buscar no registro dos pacotes de rede (arquivo .pcap) por mensagens Goose de acordo com as configurações conhecidas para o atributo `gocbRef` (*Goose Control Block Reference*), um identificador único para a mensagem. Conhecendo-se a estrutura da mensagem (número de *DataItems* o tipo de dado associado a cada um deles), é possível então relacionar os dados do campo `allData` (ver Figura 1) aos elementos descritos como FCDAs nos arquivos SCL, por exemplo, um valor booleano à posição de um disjuntor.

3.1 Interface gráfica

A interface gráfica do aplicativo foi concebida para a geração de gráficos que representam o estado das grandezas transmitidas pelas mensagens Goose (*DataItems*). A Figura 3 ilustra a interface gráfica do aplicativo.

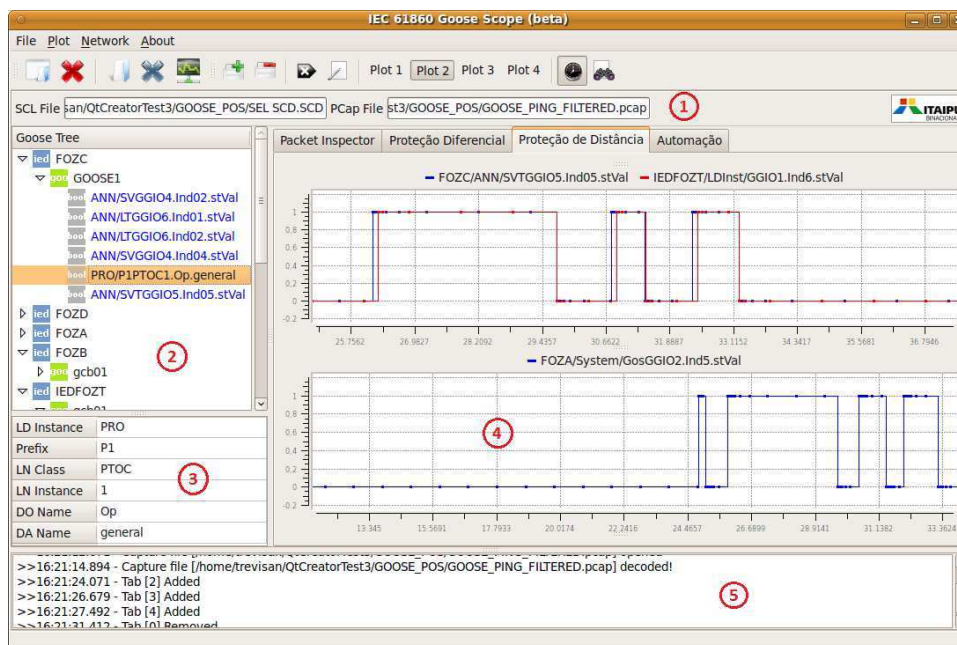


Figura 3 - Interface gráfica do protótipo computacional (Goose Scope).

Os números indicados na figura representam as principais regiões da interface gráfica:

1. identificação dos arquivos SCL e pcap carregados pelo aplicativo (arquivos sob análise);
2. árvore de mensagens Goose conteúdo dos *DataSets* configurados no arquivo SCL;
3. informações detalhadas para cada elemento selecionado na árvore de mensagens;
4. gráficos dos *DataItems* decodificados;
5. registro das operações realizadas pelo software e mensagens de erro do aplicativo.

3.3 Ferramentas de desenvolvimento

Com relação às ferramentas de desenvolvimento, foram utilizadas bibliotecas de software livre na implementação do protótipo, dentre as quais podem ser destacadas:

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

- Qt: framework livre para desenvolvimento de aplicações multiplataforma.
- libQwt: biblioteca gráfica para o framework Qt que disponibiliza componenetes para a criação de gráficos científicos;
- libXml: utilizada para a leitura de arquivos XML;
- libpcap: biblioteca que provê interface portátil para aplicações de monitoramento de redes [6];
- ASN1C: pacote de software que faz a geração de código C/C++ para codificação/decodificação de dados especificados no padrão ASN.1 [7].

4. TESTES REALIZADOS

Para a realização de testes práticos com o prototipo,foi utilizado um *setup* composto por cinco IEDs de três fabricantes (Areva, GE e SEL). Os IEDs foram conectados a um *switch* RuggedCom RSG-2100 e sincronizados via IRIG-B por uma unidade OMICRON CMGPS. A Figura 4 ilustra a infra-estrutura utilizada nos testes.

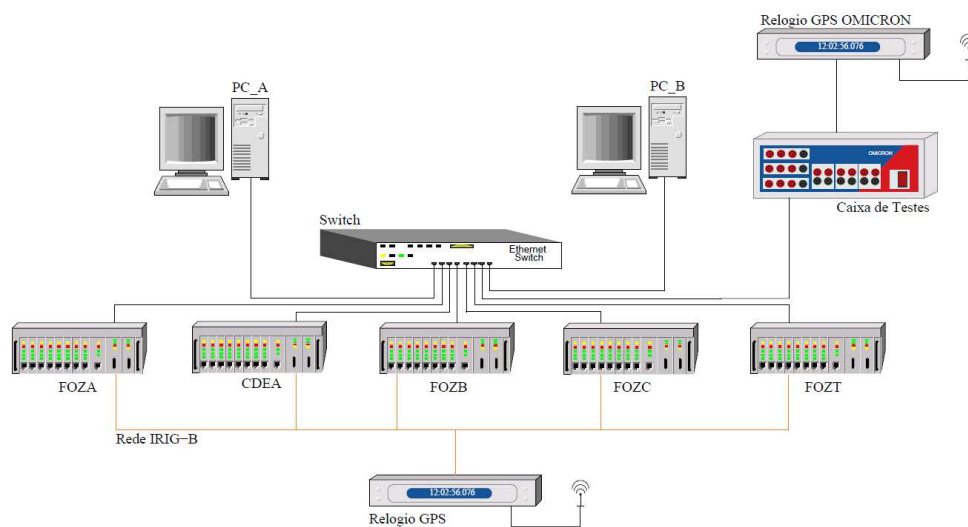


Figura 4 - Infra-estrutura utilizada nos testes.

A lógica implementada nos IEDs é bastante simplificada: o acionamento de um comando local no IED FOZA dispara o envio de uma mensagem Goose para o IDE CDEA, o qual dispara um timer de 100ms assim que a mensagem é recebida. Após transcorrido o tempo programado, o IED CDA gera uma mensagem assinada pelo IED FOZB. A lógica é replicada até o IED FOZT, de modo que foram configuradas cinco mensagens Goose entre os IEDs.

O PC_A foi utilizado para a simulação de tráfego na rede por meio do aplicativo *IpTraf*, enquanto o PC_B foi usado para a captura dos pacotes e análise das mensagens Goose com o aplicativo *Goose Scope*. A Figura 5 mostra um gráfico gerado no *Goose Scope* contendo os *DataItems* utilizados na lógica do cenário de testes. Nota-se o intervalo entre as mensagens (aproximadamente 100ms) indicado pela ferramenta de marcação de tempo do *Goose Scope*.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

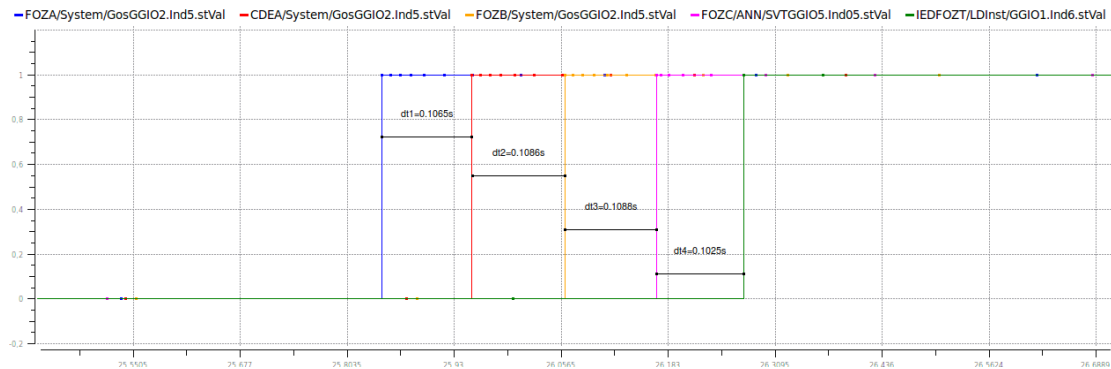
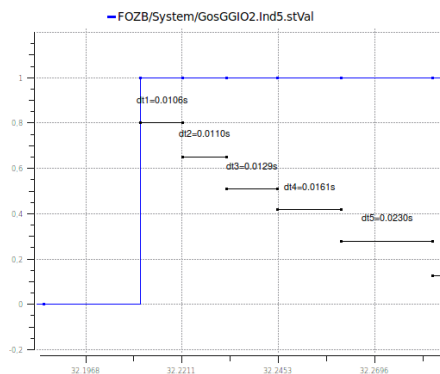
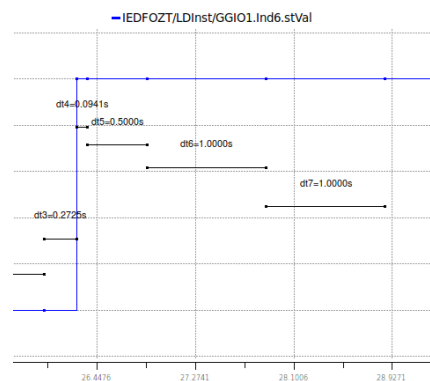


Figura 5 - Gráficos de mensajes Goose gerados pelo Goose Scope.

Nos gráficos da Figura 6, por sua vez, são mostrados detalhes do *burst* de mensagens gerado por IEDs distintos. Nota-se que, para o IED FOZB (Figura 6a), o número de retransmissões de mensagens Goose é maior quando comparado ao número de retransmissões do IED FOZT (Figura 6b). Verifica-se ainda que o intervalo de tempo entre as repetições também é diferente para os dois casos. O IED FOZB apresenta repetições com intervalos de tempo bem menores quando comparado ao IED FOZT.



a) Burst de mensagens – IED FOZB.



b) Burst de mensagens – IED FOZT.

Figura 6 – Diferença no *burst* de mensagens Goose geradas por IEDs distintos.

Vale lembrar que a IEC 61850 não especifica valores para estes intervalos de tempo, ou seja, podem ser ajustados por fabricantes ou usuários. A norma, todavia, não menciona o impacto desses parâmetros no desempenho e na confiabilidade do sistema. Portanto, fica clara a importância de se ter acesso à configuração desses parâmetros, ou seja, os softwares de configuração fornecidos com os IEDs devem permitir esse tipo de parametrização.

Utilizando a ferramenta de inspeção de pacotes do Goose Scope foi possível identificar ainda uma não-conformidade relacionada à geração das estampas de tempo nas mensagens. Verificou-se que, para o IED FOZC, a estampa de tempo das mensagens Goose estava sendo atualizada a cada retransmissão dos dados. Ressalta-se que, por norma, essa estampa de tempo deveria ser atualizada apenas na transição de estado de algum *DataItem* contido na mensagem. Como consequência, esse não-atendimento à norma poderia, por exemplo, comprometer a análise dos registros de oscilografia do IED.



5. CONCLUSÃO

O trabalho apresentou o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à realização de testes e ensaios de comissionamento em equipamentos baseados na norma IEC 61850. O protótipo computacional, desenvolvido utilizando bibliotecas de software livre, contempla a visualização e análise gráfica de mensagens Goose por meio da interpretação combinada de arquivos SCL e de capturas de pacotes de rede.

Testes realizados utilizando equipamentos reais (IEDs de três fabricantes) demonstraram o potencial do aplicativo como ferramenta de apoio à realização de testes sistêmicos de integração em instalações baseadas na norma, bem como de ensaios em equipamentos individuais para a validação e depuração de problemas de comunicação. Destaca-se como resultado dos testes a identificação de uma não-conformidade relacionada à atualização da estampa de tempo das mensagens Goose em um dos IEDs utilizados nos ensaios.

Cabe ressaltar, no entanto, que o maior ganho com o desenvolvimento do protótipo está associado à gestão do conhecimento relacionado aos aspectos de implementação da norma, informações hoje concentradas por fabricantes de equipamentos e que precisam ser disseminadas nas empresas do setor elétrico, usuários finais da tecnologia. Dessa forma, o trabalho pode ser encarado como uma base para o desenvolvimento de novas ferramentas de software para auxílio nas etapas de projeto, implementação e testes de sistemas de automação baseados na norma IEC 61850.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] MACKIEWICZ, R.; HEIGHTS, S. *Technical overview and benefits of the iec 61850 standard for substation automation*. 2007.
- [2] TREVISAN, F. *Goose Scope – Software para captura, visualização e análise gráfica de mensagens Goose IEC 61850*, Pós-graduação *latu sensu* em automação, controle e supervisão do processo elétrico baseado na norma IEC 61850 - Monografia, 2010.
- [3] IEC61850-8-1. *Communication networks and systems in substations - Part 8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3*. [S.l.], 2003.
- [4] FALK, H.; BURNS, M. *MMS and ASN.1 Encodings - Simple Examples and Explanations on How to Crack an MMS PDU*. [S.l.], 2001.
- [5] IEC61850-6. *Communication networks and systems for power utility automation – Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs*. [S.l.], 2003.
- [6] TCPDUMP/LIBPCAP. *tcpdump/libpcap (website)*. 2010. <<http://www.tcpdump.org>>, Acesso em 10 de maio de 2010.
- [7] WALKIN, L. *Using the Open Source ASN.1 Compiler*. 2006. Manual.