



**XXII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GOP/14
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS- GOP

SMART GRID: O ADVENTO DE UMA NOVA GERAÇÃO DE SCADA

Sirlene R. R. Magalhães(*)
CONCERT TECHNOLOGIES S.A.

Petrônio Spyer Prates
CONCERT TECHNOLOGIES S.A.

Paulo César Soares
CEMIG-D

RESUMO

O conceito *Smart Grid* traz novos parâmetros ao processo de operação e pós-operação, visto que propicia a aquisição de um grande volume de dados de tempo real sobre a rede de distribuição.

Para integrar-se ao paradigma *Smart Grid*, as empresas precisam adequar-se em vários aspectos, que englobam desde a evolução das tecnologias, equipamentos, meios de comunicação de dados e sistemas de gestão e controle.

Nesse trabalho apresentaremos o SCADA xOMNI *Smart Grid* e o caso de uso de sua implantação no Centro de Operação da Distribuição da CEMIG-D para atendimento da operação centralizada da sua malha de concessão.

PALAVRAS-CHAVE

Smart Grid, SCADA, operação centralizada.

1.0 - INTRODUÇÃO

Desde sua origem, os sistemas SCADA, face ao aumento das demandas inerentes às funções por eles exercidas, passaram por constantes evoluções. Contudo, as melhorias almejadas nem sempre eram factíveis de serem incorporadas a esses sistemas devido às barreiras impostas pela tecnologia de computação existente em cada época.

De uma forma geral, três gerações de sistemas SCADA podem ser identificadas (4):

Primeira geração — sistemas monolíticos: desenvolvidos para funcionamento centrado em mainframes e praticamente sem nenhuma conectividade com outros sistemas. As redes de comunicação existentes tinham a finalidade única de comunicação com as unidades terminais remotas (UTRs) através de protocolos de comunicação proprietários dos fabricantes das UTRs. Tais protocolos geralmente suportavam apenas a funcionalidade de varredura e comando nos pontos de controle das UTRs. A redundância dos sistemas da primeira geração era realizada apenas através da existência de duas máquinas identicamente equipadas, uma principal e outra reserva, conectadas no nível do barramento. O sistema reserva apenas monitorava o sistema principal e assumia seu lugar em caso de detecção de falha do sistema principal.

Segunda geração — sistemas distribuídos: a segunda geração de sistemas SCADA respaldou-se nos avanços tecnológicos associados com a miniaturização do hardware e com a comunicação de dados. Esses adventos tecnológicos permitiram distribuir o processamento das funções SCADA entre várias estações, tipicamente minicomputadores, menores e mais baratos que os mainframes da primeira geração. Assim, passaram a existir

(*) Rua Antônio de Albuquerque, n° 757 – CEP 30.112-010 Belo Horizonte, MG, – Brasil
Tel: (+55 31) 3194-0700 – Fax: (+55 31) 3194-0740 – Email: sirlene@concert.com.br

estações dedicadas a comunicação com as UTRs, dedicadas a interfaces de operação homem-máquina (IHM), a processamento dos dados de tempo real ou banco de dados. A distribuição do processamento refletiu diretamente em aumento substancial do volume de dados passíveis de serem tratados, em redundância e em confiabilidade dos sistemas SCADA. Todavia, as redes de comunicação que suportavam a comunicação entre as estações dedicadas do SCADA eram baseadas em protocolos LAN (*Local Area Network*), alguns dos quais proprietários dos fabricantes do hardware e sem capacidade de acesso externo. As redes de comunicação com as UTRs se mantiveram praticamente da mesma forma que nos sistemas da primeira geração. Essas características, como no caso da primeira geração, acabaram por impor ao cliente a utilização do hardware, software e periféricos fornecidos ou indicados pelo fornecedor do SCADA.

Terceira geração — sistemas em rede: a terceira geração manteve a arquitetura distribuída dos sistemas da segunda geração. A principal diferença entre essas duas gerações é que a última adota arquitetura aberta, utilizando padrões e protocolos abertos WAN (*Wide Area Network*), como o protocolo IP, tornando possível distribuir as funcionalidades do SCADA através de uma WAN, e não apenas uma LAN. Essa característica traduziu-se em um ganho significativo de confiabilidade do sistema como um todo, pois permitiu a distribuição do sistema SCADA em instalações físicas separadas, garantindo a sua sobrevivência a desastres. Os padrões abertos também eliminaram uma série de limitações das gerações anteriores, como por exemplo, a dependência dos fornecedores.

O advento do *Smart Grid* é um dos propulsores para o nascimento de uma nova geração de sistemas SCADA: características associadas com elevada capacidade de processamento, escalabilidade e integração corporativa são requisitos imprescindíveis a sistemas SCADA *Smart Grid*.

Considerando-se tanto os requisitos da era *Smart Grid* como também os benefícios financeiros, operacionais, administrativos e corporativos advindos da adoção de um centro de operação unificado, a CEMIG-D estabeleceu como diretriz estratégica a centralização da operação de todo o seu sistema elétrico de distribuição de alta e média tensão em um único COD (Centro de Operação da Distribuição), supervisionado e controlado através de uma única instância de sistema SCADA.

Essa centralização da operação a partir de um único sistema SCADA implicava diretamente na supervisão e controle, considerando-se o atendimento das demandas que adviriam em um futuro próximo, de 500.000 pontos físicos, entre analógicos, digitais e discretos e 120.000 pontos virtuais e calculados, constituindo o maior centro de operação da América Latina.

Devido ao grande volume de dados de tempo real que os números anteriores encerram, novos parâmetros e requisitos foram inseridos para os mecanismos de tratamento destes dados e integração com sistemas corporativos de gestão. Os novos paradigmas a serem seguidos, tanto no que tange ao objetivo primário de centralização da operação quanto àqueles originados em função do advento do *Smart Grid*, impulsionaram a CEMIG-D a adequar-se em vários aspectos, que englobaram desde a evolução das tecnologias e equipamentos utilizados em sua rede elétrica, passando pelos meios de comunicação de dados e culminando nos sistemas de gestão e controle, com destaque para o sistema SCADA.

O sistema SCADA, face à necessidade de lidar com os novos requisitos impostos, precisou ser totalmente reformulado. Assim nasceu a evolução *Smart Grid* do SCADA xOMNI, o xOMNI SG, a qual foi concebida de forma a consolidar as características vitoriosas das versões precursoras do produto ao mesmo tempo que incorporou recursos e tecnologias de última geração visando alta escalabilidade e disponibilidade. A arquitetura do produto foi reorganizada na filosofia produtor-distribuidor-consumidor (PDC). Tal arquitetura, juntamente com a reestruturação do kernel do sistema no conceito de cluster funcional permitiram o atendimento dos requisitos essenciais de uma solução SCADA *Smart Grid*, com destaque especial para alta capacidade de processamento e de distribuição de informação, escalabilidade, disponibilidade e inserção no contexto de integração corporativa.

Esse artigo inicia-se com a apresentação do Sistema xOMNI SG em breve relato de suas características principais. Em seguida passa-se à apresentação do caso de uso de sua implantação como sistema SCADA responsável pela supervisão e controle do centro de operação unificado da CEMIG-D. Nesse tópico são apresentadas a arquitetura de instalação do sistema e informações associadas, bem como os desafios enfrentados durante o desenho e a implantação da solução. Por fim temos a conclusão do trabalho, onde são elencados os resultados obtidos até o presente e os próximos passos a serem seguidos para a evolução do produto.

2.0 - O SISTEMA XOMNI SG

Um dos grandes desafios lançados ao Sistema xOMNI, que culminou na evolução xOMNI SG, foi o de capacitá-lo para o atendimento de um centro de operação de distribuição centralizado, responsável por toda a malha de concessão da CEMIG-D: o que antes era atendido por sete centros de operação deveria passar a ser operado a partir de apenas um. Essa mudança de arquitetura de implantação implicava diretamente em necessidade de aumento significativo da capacidade de processamento do sistema e de atendimento de um número igualmente

elevado de clientes e IHMs. Tudo isso se mantendo os parâmetros de confiabilidade, disponibilidade e tempo de resposta dentro dos padrões exigidos para sistemas SCADA voltados para operação do sistema elétrico.

A necessidade da CEMIG-D, juntamente com as novas demandas associadas à era *Smart Grid* e a evolução tecnológica que ela encerra, elevou os requisitos associados com capacidade de processamento, flexibilidade e facilidade de expansão e integração corporativa, robustez, confiabilidade e disponibilidade a um novo patamar.

E foram essas exigências que nortearam a completa reestruturação do Sistema xOMNI. Novas tecnologias e conceitos foram adotados para que esses objetivos pudessem ser plenamente atendidos. Entre esses, dois se destacam na composição da solução e são apresentados nas subseções seguintes: cluster funcional e modelo de arquitetura produtor-distribuidor-consumidor.

2.1 Cluster funcional

O conceito de “kernel”, usualmente adotado em sistemas SCADA, encerra um acoplamento existencial entre as tarefas essenciais do sistema. Essa condição implica negativamente na disponibilidade desses sistemas.

Nesse sentido, o xOMNI SG adotou o conceito de “cluster funcional” em substituição ao antigo “kernel”. No que tange ao xOMNI SG, um cluster funcional é composto por tarefas produtoras (ou gerenciadoras) e tarefas distribuidoras (ou servidoras) que agrupam funções interligadas aos serviços prestados por aquele cluster. Os clusters funcionais, por construção, são independentes entre si, sendo que a ausência de um determinado cluster implica apenas na indisponibilidade dos dados e serviços prestados pelo mesmo.

O xOMNI SG, em sua versão de lançamento, é composto por nove diferentes clusters funcionais que, em conjunto, englobam todas as funções SCADA: recepção e disponibilização de dados de tempo real e processados, manipulação da base de dados de persistência, gerência de dados históricos, de logs e planos operacionais, funções E.M.S, ICCP e IHM. A Figura 1 ilustra um dos clusters do xOMNI SG, seus gerenciadores, servidores e clientes.

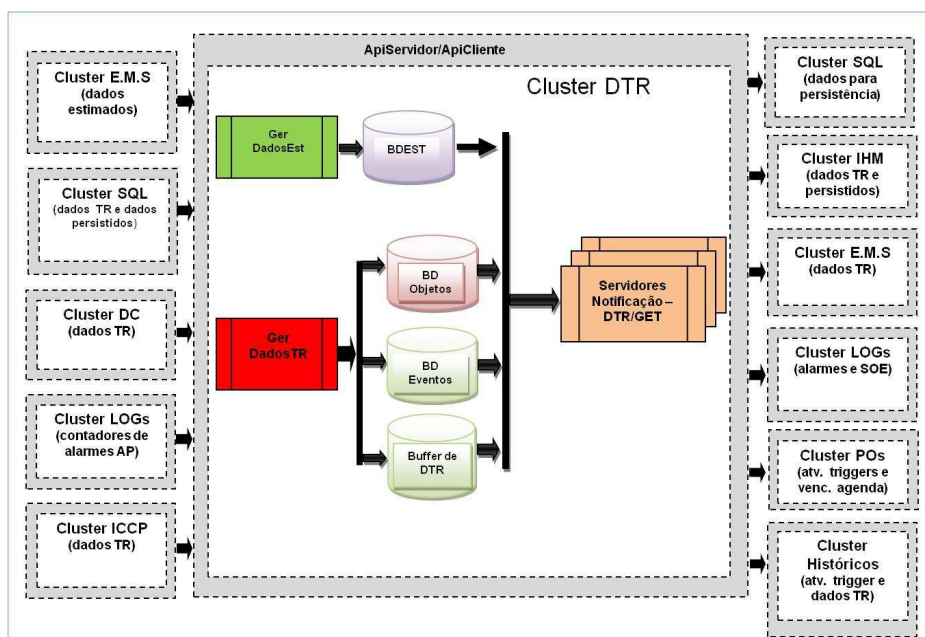


FIGURA 1 –Cluster DTR do xOMNI SG:

Ao conjunto de tarefas que compõem o cluster funcional “X” que se encontra em execução denomina-se nó do cluster “X”. Ressalta-se que nós de clusters funcionais distintos podem compartilhar uma mesma máquina servidora.

Todo cluster funcional do xOMNI SG possui um nó “master” ou principal, que é o responsável por atender às solicitações dos clientes dos serviços por ele prestados, e permitem a existência simultânea de “n” nós “slave” ou reserva, aptos a assumir a condição de principal quando necessário.

A implementação do software garante que todos os nós de cada cluster sejam mantidos atualizados com todas as informações que lhe são pertinentes. Desta forma, se uma máquina onde nós de clusters ou a sua rede local falhar, outros nós daqueles clusters assumem o controle automaticamente, sem necessidade de nenhuma intervenção do usuário ou dos administradores do sistema. Cabe ainda ressaltar que a instanciação de um nó de um cluster não

interfere no funcionamento dos demais nós daquele cluster ou de outros clusters que estejam em execução. Essa característica permite que os nós dos clusters possam ser instanciados automaticamente, pois a operação do sistema não sofre nenhum tipo de interferência.

A adoção do conceito de cluster funcional permite ainda que a necessidade operacional do cliente defina a arquitetura de implantação de cada cluster de forma independente, inclusive em questões relacionadas à quantidade de nós de cada cluster que devem ser instanciados: o xOMNI SG pode ser implantado tanto para atendimento de um site centralizado quanto de uma IHM local de uma subestação.

2.2 O modelo produtor-distribuidor-consumidor

O modelo PDC (5) foi criado para modelar o tráfego periódico e de tempo real de variáveis em barramentos de alta velocidade. Esse modelo define que, em um sistema que tal, sempre existirá um único produtor de uma informação/valor e um ou mais consumidores interessados nessa informação/valor. A partir dessa constatação, introduz um terceiro agente, o distribuidor. Assim, o distribuidor é uma aplicação cuja responsabilidade é transferir os dados das variáveis de seu produtor para os seus consumidores.

O modelo PDC possui algumas semelhanças com o modelo de memória compartilhada distribuída, porém inclui a existência de um buffer de dados por variável, do lado do produtor e do lado do consumidor. Nesse arranjo, cada nova informação inserida no buffer do produtor é transferida pelos distribuidores para o buffer do consumidor.

Comparativamente ao modelo convencional cliente-servidor, o modelo PDC oferece várias vantagens, entre as quais cabe destacar (5):

- a) produtor e consumidores não precisam ser sincronizados:
No modelo cliente-servidor, um consumidor deve solicitar explicitamente o objeto e esperar até que o servidor o atenda. Esse atraso é claramente prejudicial à aplicação cliente. O modelo cliente-servidor permite a solicitação de agendamento pelos clientes, mas essa funcionalidade é difícil de ser implementada porque precisa levar em consideração o comportamento desse cliente. Já no modelo PDC, o agendamento pode ser facilmente realizado, bastando para tanto, incluir informações adicionais ao valor da variável no buffer;
- b) O controle de fluxo não é necessário em função da existência do buffer;
- c) Por fim, o modelo PDC provê mecanismos simples para identificação e recuperação de falhas eventuais no processo de transferência dos dados, sendo essa responsabilidade atribuída ao consumidor.

O xOMNI SG incorpora algumas características do modelo PDC, definindo única e inequivocamente a tarefa “produtora” para cada cluster funcional, estabelecendo o buffer de dados por variável e instituindo a camada de tarefas distribuidoras, as quais atenderão as demandas dos consumidores dos serviços providos por aquele cluster. Essas propriedades permitem garantir a integridade dos dados disponibilizados e deixa o produtor “livre” para exercer a sua atividade fim, que é a de produzir as informações de sua responsabilidade. Tal arranjo traduz-se diretamente em flexibilidade para expansão bem como em aumento significativo da capacidade de processamento dos produtores e do número de clientes passíveis de serem atendidos.

Salienta-se que não há limitação quanto ao número de distribuidores que um nó de um cluster pode possuir. É possível definir-se a instanciação de distribuidores de forma a permitir atendimento dedicado para cada cliente daquele cluster (*peer to peer*), para um conjunto de clientes específicos, para cada máquina ou conjunto de máquinas onde seus clientes estejam em execução.

3.0 - CEMIG-D: IMPLANTANDO O MAIOR CENTRO DE OPERAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA AMÉRICA LATINA

A CEMIG-D é responsável pela operação da malha de distribuição de alta e média tensão de toda a área de concessão da CEMIG. Até o final do ano de 2009, a operação dessa área de concessão era dividida em sete CODs, estabelecidos em regionais distintas, quais sejam: Centro, Mantiqueira, Triângulo, Leste, Oeste, Norte e Sul.

No ano de 2010 a CEMIG-D realizou o primeiro passo no sentido da unificação de seus CODs, centralizando fisicamente toda a operação da distribuição nas dependências da CEMIG da Rua Itambé, em Belo Horizonte. Na oportunidade foi realizado um agrupamento lógico de alguns centros, de forma que o sistema elétrico de interesse passou a ser supervisionado e controlado através de cinco instâncias do Sistema xOMNI 7.0r1, precursor da versão xOMNI SG, quais sejam: Centro, Leste, Mantiqueira/Sul, Oeste/Triângulo e Norte.

A implantação do Sistema xOMNI SG é um importante passo no processo de centralização da operação e teve início no segundo semestre de 2012. A atualização do sistema SCADA foi acompanhada pela substituição de todo o conjunto de máquinas servidoras e IHMs em uso e pela alteração da arquitetura de implantação.

As subseções seguintes desse artigo apresentam detalhes associados com a arquitetura de implantação adotada na solução da CEMIG-D e o conjunto de servidores que a comporta, como se dá a administração do sistema centralizado e os principais desafios enfrentados durante o processo de homologação e instalação da solução.

3.1 Arquitetura de implantação

A arquitetura de implantação do COD centralizado da CEMIG-D baseia-se em cluster de alta disponibilidade, com replicação de dados para uma segunda localidade, o *backup site*, dando garantia de continuidade do funcionamento do xOMNI SG mesmo na ausência total de um dos sites.

A hospedagem das aplicações principais do xOMNI SG foi distribuída entre dois servidores HP *Integrity rx6840* e dois HP *Integrity BladeSystem c7000* (um servidor de cada tipo para cada site). Cada servidor rx6840 possui quatro partições físicas eletricamente isoladas (nPAR1, nPAR2, nPAR3 e nPAR4). Já o HP *BladeSystem* é composto por seis lâminas de servidores, duas HP BL870c e quatro HP BL860c. Todos esses servidores possuem seis interfaces de rede Gigabit Ethernet.

Tanto os servidores rx6840 quanto o *BladeSystem* possuem acesso a um subsistema de discos HP *StorageWorks Enterprise Virtual Array 4400* (EVA 4400). O EVA 4400 possui duas controladoras RAID redundantes, com cache de 4 Gbps, vinte e oito unidades de disco de 146 GB cada, fontes e ventiladores redundantes e dois *switches* SAN HP *Fiber Channel* para conexão com os servidores. Composto o parque de servidores existem outros quatro servidores HP DL385G7, que também contam com seis interfaces de rede Gigabit Ethernet.

Há ainda um conjunto de 60 máquinas Dell Optiplex 990 MT, cada uma com três monitores LCD de 19 polegadas, onde são alocadas as IHMs.

As seis interfaces de rede existentes nos servidores foram agrupadas em um arranjo dualizado, configurando-se as redes lógicas DTR, Operativa e H.A.

A rede DTR é utilizada para o tráfego de informações de tempo real entre os processos dos clusters principais do sistema. A comunicação entre esses clusters e as aplicações IHM se dá através da rede Operativa. Essa configuração permite isolar os servidores do sistema de eventuais problemas existentes na rede operativa, garantindo uma rede de alta disponibilidade e desempenho para troca de informações entre esses clusters.

A rede H.A. é utilizada exclusivamente para monitoramento e manutenção do funcionamento do xOMNI SG.

A Figura 2 apresenta a arquitetura final de implantação, no arranjo *backup site*.

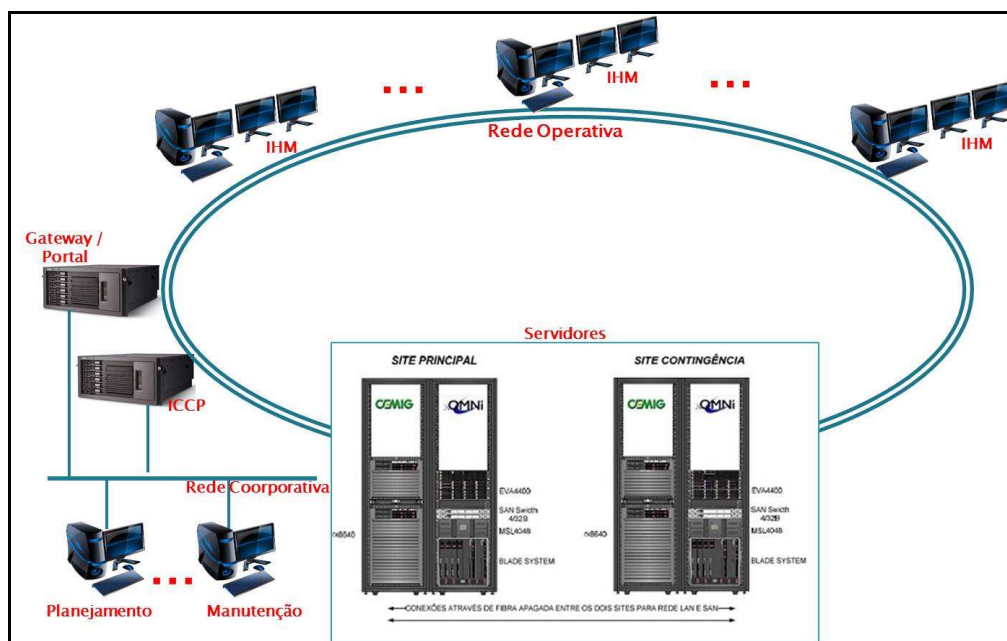


FIGURA 2 – Arquitetura final de implantação do Sistema xOMNI SG

3.2 Administração do xOMNI SG

Um dos grandes desafios associados com os sistemas SCADA é o gerenciamento do sistema em si, de forma a garantir-se a disponibilidade de operação 24x7.

A arquitetura de cluster funcional do xOMNI SG permite que o monitoramento e manutenção de funcionamento de todos os nós configurados para cada cluster, incluindo-se a instanciação dos nós dos clusters, chaveamento entre instâncias principal e reservas de nós de um cluster ou reestabelecimento de partes dos nós dos clusters, possa ser realizada por agentes externos ao SCADA. Esses agentes personificam os conceitos de autodescrição e gerenciamento do sistema: o supervisor do supervisor.

Nesse sentido, uma vez definida a arquitetura de hardware e de instanciação dos diferentes clusters funcionais que se deseja implantar e realizada a configuração necessária aos agentes externos para que as atividades de controle e monitoramento sejam executadas, esses agentes assumem total responsabilidade pela manutenção de cada nó de cada cluster funcional conforme configurado, eliminando grande parte do esforço dos administradores do sistema. No caso da CEMIG-D, os agentes escolhidos foram o HP *Serviceguard* (servidores HP-UX) e o Linux H.A (servidores Linux).

São funções atribuídas aos agentes *Serviceguard* e Linux H.A:

- Iniciar automaticamente os clusters que devem executar em cada servidor após reset dos mesmos;
- Realizar o *restart* automático de clusters ou partes dos mesmos que eventualmente finalizem;
- Realizar o chaveamento automático entre instâncias mestre/escravo dos clusters em caso de falha do nó mestre;
- Realizar a migração automática de clusters configurados com função de contingência, em caso de indisponibilidade do servidor principal;
- Registrar em arquivos texto as ocorrências associadas aos pacotes que definem os clusters;
- Monitorar os recursos do hardware, tais como uso de memória, disco, rede, etc., e realizar ações quando condições críticas desses recursos forem identificadas.

Ambos, o *Serviceguard* e Linux H.A, disponibilizam interface gráfica para acesso aos seus serviços. A interface do *Serviceguard*, o HP *Serviceguard Manager*, é apresentada na Figura 3. Através dessa interface se tem acesso a uma série de funcionalidades associadas com a administração da aplicação e da infraestrutura de hardware associada.

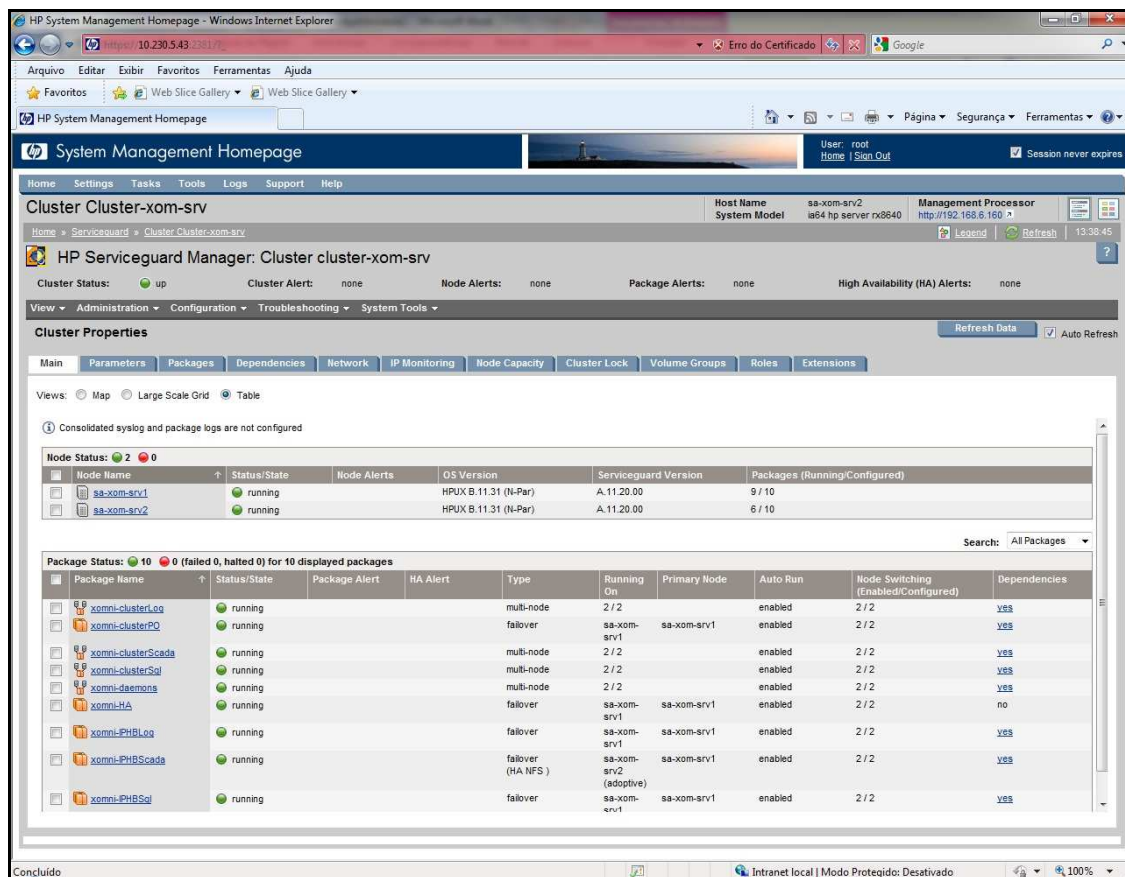


FIGURA 3 - HP *Serviceguard Manager*

O HP *Serviceguard Manager* permite aos administradores do sistema:

- Visualizar graficamente o status dos clusters/pacotes configurados;
- Visualizar informações detalhadas de cada pacote configurado;
- Parar e iniciar uma ou todas as instâncias dos clusters do sistema;
- Realizar o chaveamento entre instâncias mestre/escravo de um cluster;
- Realizar a migração de clusters que possuem função de contingência;
- Aumentar / reduzir o número de servidores de um cluster em tempo de execução, sem necessidade de interrupção do cluster;
- Monitorar os recursos do hardware, tais como uso de memória, disco, rede, etc.

3.3 Desafios enfrentados

Como não poderia deixar de ser para um projeto desse porte, foram inúmeros os desafios que tiveram que ser superados durante a construção e implantação da solução.

A centralização do sistema implicava na operação simultânea de toda a malha supervisionada por um único grupo de operadores. De forma a garantir a operação segura, sem contudo gerar sobrecarga de informações, foi preciso uniformizar o procedimento operativo e por conseguinte, a base de dados das cinco instâncias do sistema anterior.

Para tanto, foram discutidos e adotados critérios únicos para geração de alarmes, dados visualizados nos sinóticos e funcionamento de planos operacionais, entre outros. Também foram disponibilizados mecanismos para segregação da operação através da filtragem dos eventos em função da área de supervisão sob a responsabilidade do operador naquele instante.

Outro quesito que merece destaque foi a preparação e testes da infraestrutura de hardware e software, principalmente devido ao número de pessoas e setores da empresa envolvidos. Implicando em ações voltadas para alocação de espaço físico, passando por troca de cabeamentos de rede e culminando em preparação e testes de redundância dos equipamentos e softwares associados, essa etapa demandou um esforço considerável até que toda a solução pudesse ser considerada apta para a entrada em produção.

Por fim, a última questão a ser endereçada era a necessidade de constituição de um ambiente tal que permitisse a migração da operação do sistema predecessor para o novo de forma confiável, em especial no que tange a consistência de dados. Para tanto, o processo de migração da operação foi dividido em duas etapas: a primeira contemplou os religadores, seccionadores e medidores da média tensão e a segunda tratou das subestações e equipamentos associados com a alta tensão. Até a conclusão de ambas etapas, os sistemas antigo e novo coexistiram no COD.

4.0 - CONCLUSÃO

Um dos maiores desafios dos sistemas SCADA para que possam aderir à nova geração *Smart Grid* é a capacidade de tratamento de um volume muito elevado de dados de tempo real (no que diz respeito à aquisição, processamento e distribuição dos dados), com desempenho escalável, sem desconsiderar os demais requisitos funcionais inerentes a tais sistemas. Outros requisitos *Smart Grid* estão associados com segurança cibernética e integração corporativa.

O desempenho escalável já se encontra plenamente atendido pelo xOMNI SG. Pode-se afirmar também que necessidades corporativas básicas já são endereçadas a partir da inserção no contexto de integração corporativa, próximo dos conceitos da arquitetura SOA (*Service-Oriented Architecture*).

Questões mais abrangentes associadas com a interoperabilidade e segurança cibernética bem como a adoção dos protocolos recomendados pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) (6) já se encontram em fase de estudos avançados, sendo que o primeiro objetivo a ser trabalhado é a capacitação para interfaceamento com outros sistemas no formato definido pelo modelo CIM (*Common Information Model*), padrões IEC 61970 e IEC 61968 (1, 2, 3).

Relativamente ao caso de uso em destaque nesse artigo pode-se ressaltar uma série de benefícios advindos da centralização de toda a operação da malha de distribuição a partir de uma única instância do sistema SCADA, entre financeiros, operacionais, administrativos e corporativos.

Do ponto de vista financeiro, a existência de um único centro de operação minimiza os custos diretos associados à operação do sistema elétrico e ao treinamento e mão de obra alocada na administração do sistema, pois permite a

manutenção de equipes únicas. A alta escalabilidade do xOMNI SG, sem impor necessidade de manutenção de software, também é vista como um benefício financeiro.

No que concerne à operação do sistema elétrico, passou-se a contar com um sistema de elevada capacidade de processamento, alta confiabilidade e disponibilidade, garantida em parte pela capacidade de funcionamento no arranjo *backup site* e pela tolerância transparente a falhas. Desde a sua entrada em operação em novembro de 2012, o xOMNI SG está em funcionamento sem interrupções, e atende atualmente a supervisão e controle de mais de 2500 equipamentos de rede, sendo que a cada semana um novo conjunto desses equipamentos é incorporado ao sistema, e 348 subestações.

Por fim, mas não menos importante, a tarefa de administração do xOMNI SG foi simplificada em vários aspectos, tais como:

- Facilidade na manutenção de forma a evitar que as interferências induzam defeitos, como frequentemente ocorre nos sistemas centralizados;
- Facilidade de localização rápida de falhas, inerentes à sua modularidade;
- Facilidade de substituição dos módulos e servidores para fins de manutenção;
- Facilidade de utilização de módulos e dispositivos de fabricantes distintos para compor o sistema que melhor se adapte às necessidades;
- Minimização dos esforços das equipes de administradores do sistema através da utilização eficiente dos recursos providos pelo hardware, pelo sistema operacional e pelo autogerenciamento do sistema através do agente supervisor do supervisor.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) IEC – INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, "Power systems management and associated information exchange - Data and communications security - Part 3: Communication network and system security - Profiles including TCP/IP", IEC 62351-3, junho de 2007.

(2) IEC – INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, "Energy Management System Application Program Interface – Part 301: Common Information Model", IEC 61970-301, 2007.

(3) IEC – INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, "System Interfaces for Distribution Management – Part 11: Distribution Information Model", IEC 61968-11, 2008.

(4) NCS – NATIONAL COMMUNICATIONS SYSTEM. "Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems" Technical Information Bulletin 04-1, Outubro 2004.

(5) RAJA, P., RUIZ, L., DECOTIGNIE, J. D., "On the Necessary Real-Time Conditions for the Producer- Distributor- Consumer Model", in Proc. of the 1st IEEE Workshop on Factory Communication Systems (WFCS'95), Leysin, Switzerland, 1995, p 125-133.

(6) VON DOLLEN, D., "Report to NIST on the *Smart Grid* Interoperability Standards Roadmap", EPRI, 2009.

DADOS BIOGRÁFICOS

Sirlene Rosália Rolla Magalhães é gerente de projetos da Concert Technologies S/A. Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Viçosa e mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Minas Gerais, trabalha há mais 13 anos na Concert Technologies S/A, sendo responsável pela gerência de projetos de sistemas voltados para o setor elétrico, destacando-se o Configurador de Sistemas IEC-61850, o Sistema SCADA xOMNI, o Sistema E.M.S. e o Sistema D.T.S.

Petronio Spyer Prates é Presidente da Concert Technologies S/A. É membro do IEEE e Project Management Institute. Depois de graduado em Engenharia de Eletrônica e Telecomunicações na PUC-MG em 1980, trabalhou em várias empresas sempre atuando na área de automação de processos. Paralelamente se especializou em Ciência da Computação na UFMG. Em 1989 começou a trabalhar na Audiolab na área de automação do setor de energia onde ficou até sair em 1998 para a Concert Technologies Corp. (Boston - USA). Na Concert USA coordenou o desenvolvimento do SIVAM. Em 2001, retornou ao Brasil como presidente da Concert Technologies S/A. Em 2002, se formou no MBA Gestão de Negócios do IBMEC.

Paulo César Soares é engenheiro eletricista da CEMIG-D.