



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

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO – XV

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO
PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

**SISTEMA INTELIGENTE PARA ANÁLISE CAUSA-RAIZ E MANUTENÇÃO DE UMA REDE DE
TELECOMUNICAÇÕES**

**L. Scheunemann (*) Alexandre C. Maciel, Ernani A. S. Neto, Eduardo C Back, Jorge M Souza
Eletrosul Eletrosul Eletrosul Eletrosul Fitec**

RESUMO

O presente trabalho entre a FITec e a Eletrosul mostra o funcionamento de uma ferramenta Inteligente de Gerência de Alarmes (Analisador de Causa-Raiz, ACR) para a Rede de Telecomunicações da Eletrosul visando a rápida identificação da causa-raiz na ocorrência de alarmes que sinalizam indisponibilidade parcial ou total de enlaces do sistema. São mostradas as principais funcionalidades do ACR e as facilidades de programação e configuração.

PALAVRAS-CHAVE

Gerência de alarmes, Redes SDH, Sistema Inteligente, Máquina de Regras, Causa-raiz.

1.0 - INTRODUÇÃO

As redes de comunicação estão cada vez mais complexas abrangendo um grande número de diferentes equipamentos que funcionam juntos para oferecimento do serviço fim-a-fim aos usuários. A esse aumento de complexidade corresponde um aumento no número de falhas permanentes/transientes e um aumento substancial no número de alarmes no centro de gerência da rede devido à interdependência entre os elementos de rede (NE, Network Equipment), a ocorrência primária gerando múltiplas ocorrências secundárias. Isso implica que um alarme gerado por um ER se propague rapidamente causando um efeito avalanche de alarmes que chegam até o sistema de gerência.

No contexto de Gerência de Redes, a gerência de alarmes é uma facilidade importante no sentido de permitir ao operador uma análise e ação rápidas sobre as causas da ocorrência evitando um possível colapso da rede.

O presente trabalho de pesquisa entre a FITec e a Eletrosul visa a construção de uma ferramenta de Gerência de Alarmes para a rede de telecomunicações da Eletrosul visando a rápida identificação da causa-raiz na ocorrência de alarmes que sinalizam indisponibilidade parcial ou total de enlaces do sistema.

A rede de telecomunicações da Eletrosul é composta das sub-redes:

- o anel SDH (Synchronous Digital Hierarchy), cerca de 35 nós,
- as rotas rádio necessárias à comunicação de algumas sub-estações (SE), são cinco rotas rádio, 1 e 3 a 6 (a rota 2 ainda não está disponível),
- a rede de supervisão com quatro servidores.

Os alarmes gerados pelas sub-redes tem características diferentes e devem ser analisados separadamente.

A rede SDH é o conjunto de equipamentos e meios físicos de transmissão que compõem um sistema digital síncrono de transporte de informações. Um elemento de rede SDH quando percebe um problema na recepção sinal ou se não há recepção gera os alarmes LOF (Loss Of Frame) e LOS (Loss Of Signal). Para localização do enlace com problema, gera mais dois alarmes: o alarme AIS (Alarm Indication Signal) é enviado na direção do terminal de destino, que chamaremos para frente, e o sinal RDI (Remote Defect Indication) é enviado na direção contrária, na direção do terminal de origem, que chamaremos para trás. Esses são repetidos pelos nós intermediários entre origem e destino e permitem rastrear, baseado na topologia, em que ponto do enlace entre os terminais houve o problema. A forma de geração dos alarmes AIS e RDI pode no entanto variar entre fornecedores o que requer a análise de cenários reais para entendimento desse procedimento. Existem outros alarmes associados à degradação do sinal e perda de sincronismo.

As rotas rádio não tem um padrão comum de alarmes e dependem das definições dos equipamentos rádio de cada fornecedor. Nesse cenário devemos levantar os alarmes rádio presentes na rede, as respectivas funções e a que tipo de equipamento rádio se referem.

Finalmente rede de supervisão é composta de servidores que monitoram o anel óptico e as rotas rádio. A falta de comunicação com um nó gera o alarme CLF (Communication Link Failure with NE, Network Equipment) para cada nó isolado.

Os alarmes gerados pelo sistema vão para a tela de operação permanecendo na tela enquanto ativados. Na desativação saem da tela e são gravados em uma base de histórico. São gravados na base histórica de alarmes (BHA) diversos atributos do alarme.

Como explicado anteriormente, é necessário o levantamento dos alarmes nas diversas sub-redes e como se correlacionam. Nos casos de avalanche de alarmes precisamos ter regras de identificação dos alarmes primários que servirão para a identificação da causa-raiz.

Para esse levantamento e o estabelecimento de regras precisamos minerar a base de dados de ocorrência à procura de cenários significativos e nesses cenários levantar a cronologia de ocorrências dos alarmes. A base contém de 5000 a 10000 ocorrências por mês. Para efetuar a procura de cenários recorreremos a uma ferramenta, OLAP (On Line Analytical Processing). A referência (1) mostra a etapa de procura e criação de cenários desse projeto.

Nesse artigo tratamos do funcionamento de uma ferramenta Inteligente de Gerência de Alarmes (Analisador de Causa-Raiz, ACR) para a Rede de Telecomunicações da Eletrosul visando a rápida identificação da causa-raiz na ocorrência de alarmes que sinalizam indisponibilidade parcial ou total de enlaces do sistema

Na seção seguinte mostramos as principais funcionalidades do Analisador de Causa-Raiz (ACR). Cada funcionalidade é explicada nas seções posteriores.

2.0 - O ANALISADOR DE CAUSA RAIZ (ACR)

Um sistema inteligente procura, numa determinada janela de tempo, conjuntos de eventos (alarmes) correlacionados e as regras que regem essa correlação. Neste trabalho usamos cerca de 80000 registros de alarmes para determinar os conjuntos de alarmes correlacionados. Os registros são organizados em função da topologia e da data de ocorrência. Os conjuntos considerados significativos foram analisados visando: identificar os alarmes primários e secundários e a(s) causa(s)-raiz. As regras detectadas foram implementadas por meio de uma Máquina de Regras.

O ACR tem as seguintes funcionalidades principais:

- **Filtro de alarmes secundários:** no caso de interrupção parcial ou total de um enlace pode haver uma enxurrada de alarmes secundários, por exemplo, indicando problemas nos tributários do anel SDH.
- **Máquina de Regras(MR):** identifica que existe uma ocorrência grave, o(s) alarme(s) primário(s), o(s) enlace(s) afetado(s) e a(s) causa(s) raiz.
- **Histórico Causa-Raiz:** guarda todos os cenários causa-raiz ocorridos.
- **Monitoração da frequência de alarmes:** Alarmes que ocorrem de maneira intermitente devem ser reportados ao operador, pois podem ser uma indicação de um problema iminente.

O ACR está em funcionamento na Eletrosul e acrescentou as seguintes vantagens operacionais:

- No caso de enxurrada de alarmes, que dificulta a análise pelo operador, identificação rápida do(s) enlace(s) afetado(s) e da causa-raiz,
- Histórico de ocorrência pois a rede não é supervisionada 24h,
- Monitoração da frequência de alarmes visando a manutenção preventiva.

3.0 - FILTRO DE ALARMES

O ACR usa os diversos atributos de um alarme para efetuar a filtragem. A filtragem pode ser configurada pelo usuário.

Com a finalidade de identificar os alarmes secundários, desnecessários na análise causa-raiz, o sistema ACR dispõe de dois tipos de filtros de alarmes:

- filtro de tipo de objeto: permite a identificação de alarmes gerados por tributários da rede,
- filtro de causa: filtra alarmes considerados de pouca importância.

A Figura 1 mostra a janela de filtro de alarmes de tributários usando o atributo tipo de objeto. O tipo de atributo é configurável pelo usuário.

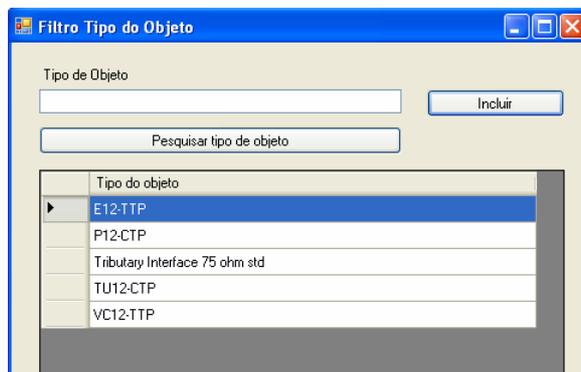


Figura 1 – Janela de filtro de alarmes

Elementos de rede (NEs) e Rotas podem ficar fora devido à manutenção. O Cadastro de NEs e Rotas permite indicar os elementos em manutenção para os quais os alarmes gerados serão filtrados.

4.0 - MÁQUINA DE REGRAS

Uma Máquina de Regras (MR) é uma forma programável de expressar o conhecimento. A Máquina de Regras considera determinados atributos do alarme e programa a forma de tratamento dos atributos para chegar à causa raiz.

A MR usa o conceito de classe de alarmes proposto na recomendação X.733 do International Telecommunication Union – T (2) que geralmente é seguida pelos fabricantes. São utilizadas tres classes de alarmes:

- equipamento (equipment): está associado a um defeito no equipamento,
- comunicação (communication): está associado à falta parcial ou total de comunicação entre NEs,
- qualidade (quality): está associado à degradação da comunicação entre NEs ou da qualidade do serviço.

A MR possui a seguinte árvore de decisão (ver Figura 2) baseada na classificação de tipos dos alarmes citada acima.

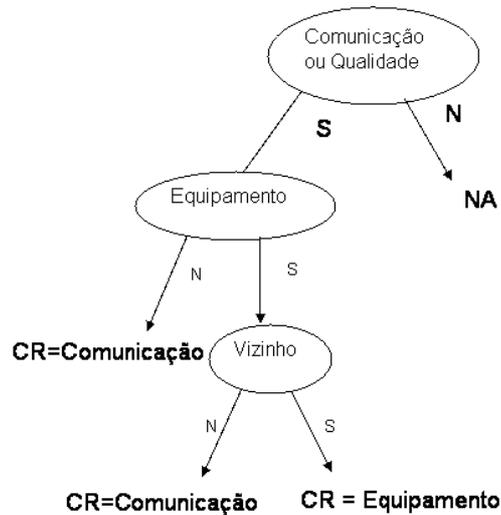


Figura 2 – Árvore de decisão da MR

A árvore de decisão utilizada para definição da causa raiz segue a seguinte lógica: Para cada alarme ativado:

Se causa estiver na tabela de hierarquia:

Verifique se para o par (comunicação/qualidade , equipamento) se os NEs afetados são vizinhos:

SIM: Causa-raiz é alarme de equipamento de maior hierarquia

NÃO: Causa-raiz é alarme de comunicação de maior hierarquia.

O ACR tem um configurador de topologia para as diversas rotas indicando o nome do elemento de rede (NE) e os NEs que são vizinhos. O configurador permite nova programação no caso de evolução da rede.

Existe uma MR para cada sub-rede:

- Rota rádio SDH,
- Rota rádio PDH,
- Anel Óptico.

A Figura 3 mostra a janela que permite ao usuário configurar os alarmes e a sua hierarquia para a MR de cada sub-rede.

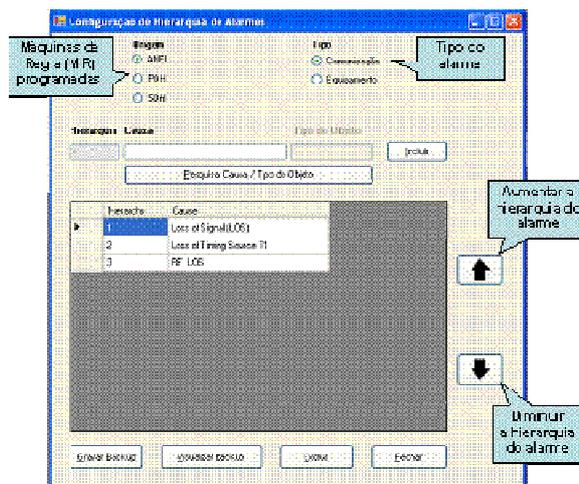


Figura 3 – Configuração da MR

Dentro de cada classe/sub-rede é possível definir a hierarquia dos alarmes, por exemplo, num determinado enlace os alarmes que indicam a ruptura de um enlace são mais importantes que alarmes indicadores de degradação.

- a ROTA a ser consultada,
- o período de consulta.

Para os itens escolhidos mostra os cenários que foram registrados.

5.1 Exemplo: consulta da rota 1 e cenário 18, primeira ocorrência.

O cenário 18 tem 4 ocorrências, ou seja, foram registradas 4 Janelas de Monitoração diferentes entre o primeiro registro até o desaparecimento da(s) causa(s)-raiz (como indicado no lado superior direito da janela). As setas SOBE/DESCE permitem percorrer as ocorrências registradas no cenário escolhido. A primeira e segunda ocorrências são mostradas na Figura 6 (a) e (b).

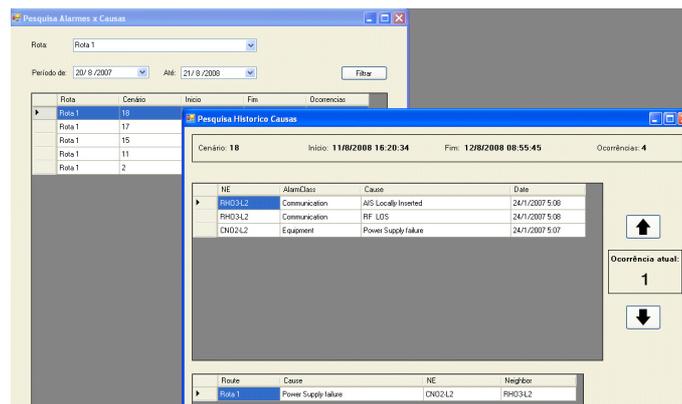


Figura 6 (a) – Histórico da primeira ocorrência do cenário 18

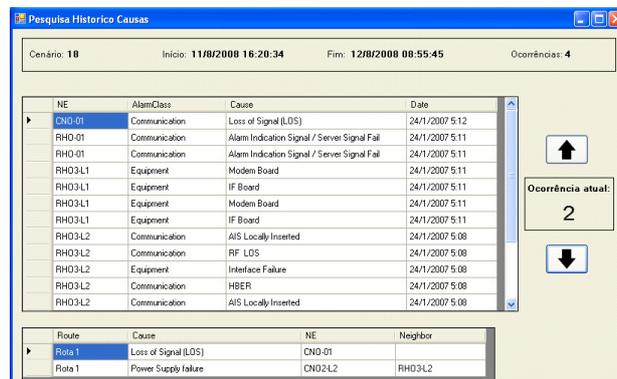


Figura 6(b) - Histórico da segunda ocorrência do cenário 18

5.2 Monitoração da frequência de alarmes

Alarmes que ocorrem de maneira intermitente devem ser reportados ao operador, pois podem ser uma indicação de um problema iminente.

A ferramenta monitora automaticamente e de maneira genérica e parametrizável a frequência de alarmes intermitentes.

O usuário pode configurar a rota, o nome do alarme e os valores dos limites de ocorrência como mostrado na janela da Figura 7.

O monitor de alarmes permite:

- a inclusão/exclusão de um alarme a ser monitorado,
- o limite de monitoração.

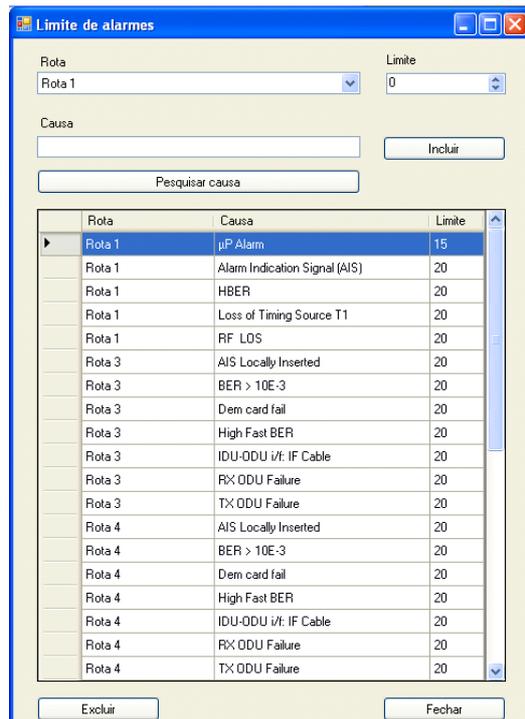


Figura 7 – Configuração dos alarmes monitorados

6.0 - CONCLUSÃO

O presente artigo mostra o funcionamento de uma ferramenta Inteligente de Gerência de Alarmes (Analisador de Causa-Raiz, ACR).

A etapa inicial consiste na análise da base de dados de alarmes e seus atributos, da topologia da rede e sua organização em sub-redes, da identificação de cenários significativos de alarmes que representem o dia-a-dia do centro de operação (1). A etapa final consiste na especificação de uma Máquina de Regras flexível e de fácil entendimento que implemente o conhecimento gerado durante a fase anterior.

Principais conclusões da primeira etapa:

- A ferramenta OLAP mostrou-se de fácil implantação, os cubos sendo gerados a partir dos alarmes coletados,
- A combinação Excel/OLAP permite a análise rápida de cenários. A geração do cubo pode ser no Excel ou no servidor da base de dados. No primeiro caso a pesquisa fica lenta para mais de 20000 registros. Para maiores volumes de dados aconselha-se que o cubo fique no servidor da Base de Dados,
- A geração de cenários com dados reais e recentes facilita a interação com a equipe de operação na identificação de cenários significativos, seus ofensores e eventos causadores.

Principais conclusões da segunda etapa:

- A programação do conhecimento por meio de Máquina de Regras mostrou-se de fácil entendimento por parte dos usuários,
- A facilidade no entendimento, permitiu o teste das MRs implementadas também por parte dos usuários,
- O entendimento das regras programadas gerou confiança dos usuários no sistema implementado.

O ACR está em funcionamento na Eletrosul e acrescentou as seguintes vantagens operacionais:

- No caso de enxurrada de alarmes, que dificulta a análise pelo operador, identificação rápida do(s) enlace(s) afetado(s) e da causa-raiz,
- Histórico de ocorrência pois a rede não é supervisionada 24h,
- Monitoração da frequência de alarmes visando a manutenção preventiva.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) L. Scheunemann et all, "Utilização de sistemas inteligentes para o processamento de alarmes e identificação de causa raiz", Publicado nos Anais do Citenel 2007, Araxá MG.
- (2) Recommendation X.733, INFORMATION TECHNOLOGY – OPEN SYSTEMS INTERCONNECTION – SYSTEMS MANAGEMENT: ALARM REPORTING FUNCTION, 1992

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Leomar Scheunemann,

Nascido em São Lourenço do Sul – RS, em 06 de agosto de 1954.

Graduação (2002) em Engenharia Elétrica; UFSC – Florianópolis SC.

Empresa: Centrais Elétricas SA - ELETROSUL, desde 1983.

Técnico na área de Laboratório e supervisão do sistema de telecomunicações.

Alexandre C. Maciel ,

Nascido em Pelotas, RS em 25 de março de 1977.

Formado em Telecomunicações pela Escola Técnica Federal de Pelotas (1995), atual CEFET-RS, acadêmico do curso superior em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela UNIVALI-SC.

Empresa: Centrais Elétricas SA – ELETROSUL, desde 2002

Técnico em supervisão do sistema de telecomunicações.

Ernani A. da Silva Neto,

Nascido em Florianópolis, SC, em 14 de setembro de 1973

Graduação (2001) em Engenharia de Produção Elétrica: UFSC

Empresa: Eletrosul, desde 2005

Gerenciamento e Supervisão do Sistema de Telecomunicações.

Eduardo C Back.

Nascido em São Paulo, SP em 27 de junho de 1983.

Cursando Graduação em Engenharia Elétrica : UNISUL-SC. Técnico em Telecomunicações (2001): CEFET-SC.

Empresa: Eletrosul Centrais Elétricas S.A., desde 2005.

Técnico em Telecomunicações do Centro de Controle de Telecomunicações (CCT), integrante do Centro de Operação do Sistema Eletrosul (COSE).

Jorge Moreira de Souza

Nascido no Rio de Janeiro, RJ em 17 de julho de 1948.

Doutorado em Informática, LAAS, *Laboratoire d'Architecture et d'Analyse des Systèmes*, Toulouse, França, 1981

Mestrado (1975) e Graduação (1971) em Engenharia Elétrica: PUC-Rio de Janeiro

Empresa: FITec, desde 2000

Consultor técnico nas áreas de análise de tráfego, confiabilidade de sistemas, confiabilidade de software, mineração de dados e métodos estatísticos de controle.