



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

Versão 1.0
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO XV

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

**METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO DE TRÁFEGO INTERNET EM UMA REDE IP/MPLS DE UMA
COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA**

Márcio Luiz Ferreira Miguel *
COPEL

Aloivo Bringel Guerra Júnior
COPEL

RESUMO

A previsão do tráfego que existirá em determinado enlace de comunicação é fundamental para se prover com antecedência a expansão da estrutura de equipamentos, da capacidade dos enlaces e das quantidades de trânsito contratadas dos provedores Internet, tanto provedores de trânsito, quanto dos pontos de troca de tráfego. Tradicionalmente, esta previsão é baseada na experiência dos administradores de rede, mas este cenário está mudando gradativamente com o aumento da complexidade das redes. Este trabalho apresenta as metodologias baseadas em séries temporais, técnicas estatísticas e redes neurais artificiais estão sendo utilizadas em pacotes de software comerciais e em pesquisas acadêmicas.

PALAVRAS-CHAVE

Previsão de tráfego, *Forecasting*, Banda Larga, Planejamento de Capacidade, Séries Temporais

1.0 - INTRODUÇÃO

A infra-estrutura de transmissão e distribuição de energia elétrica tem cada vez mais sido utilizada para a prestação de serviços de telecomunicações. Os cabos-guarda das torres de transmissão foram substituídos por cabos OPGW e os postes vêm sustentando cabos de fibra óptica da empresas de energia elétrica, tanto para transmissão entre pontos de roteamento como para acesso FTTH (*fiber-to-the-home*) já a algum tempo. Atualmente, com a tecnologia PLC (*Power Line Communications*) até os cabos de distribuição de energia estão sendo utilizados para prover serviços de comunicação de dados. Dentro dos serviços de comunicação de dados possíveis de serem entregues por esta infra-estrutura, a universalização de acesso a Internet nos modos BL (banda larga), com banda disponível de até 10 Mbps e BEL (banda extra larga) para taxas superiores a 10 Mbps, para clientes empresariais e domésticos vêm despontando como uma alternativa de negócios para as áreas de telecomunicações das empresas de energia elétrica.

Nos últimos 10 anos, a COPEL vem investindo na construção e expansão da rede de transmissão SDH no Estado do Paraná, estando hoje com capacidade superior a 10 Gbps em anel. Em cima dessa rede SDH, foi construída uma rede de dados IP/MPLS para atendimento corporativo e para venda de conectividade a clientes empresariais externos, inclusive de provimento Internet.

O planejamento de tráfego tem diversas finalidades, algumas administrativas, como a definição dos orçamentos anuais de custeio e a instauração de processos licitatórios em tempo hábil e outras de cunho técnico, como a definição de expansão de equipamentos e enlaces. Este planejamento influencia o nível de competitividade que uma empresa de energia desempenhará junto às tradicionais operadoras de telecomunicações que atuam junto aos clientes corporativos e residências no provimento de acesso à Internet, é neste ponto que se destaca a relevância deste trabalho.

No planejamento de aquisição de banda Internet de provedores de trânsito, que provêm a interconexão da rede da operadora com a Internet mundial, também são considerados fatores como a troca de tráfego que pode ser realizada por um custo inferior em PTTs (Pontos de Troca de Tráfego) e compra de tráfego trânsito Internet de fornecedores com alto interesse de conteúdo.

A quantidade de tráfego que se enquadra em cada um destes casos pode ser estimada por ferramentas de análise baseadas nos protocolos SNMP e Netflow, algumas delas apresentadas neste trabalho. Também abordamos a metodologia de planejamento realizada atualmente, baseada em séries temporais com base nos dados históricos obtidos através de coletas feitas através dos protocolos SNMP, e a metodologia que será empregada no planejamento futuro, quando os clientes BL e BEL entrarem em operação.

2.0 - PLANEJAMENTO DE TRÁFEGO INTERNET POR SÉRIES TEMPORAIS

Para um planejamento correto da infra-estrutura que será necessária para comportar o tráfego de rede futuro, primeiramente será necessário que este tráfego seja modelado de acordo com as informações já existentes. Estas informações podem ser provenientes de dados coletados anteriormente, onde são extraídas componentes como a média estacionária, tendência, ciclos e sazonalidade, importantes para se criar uma série temporal que servirá de base para uma previsão do que poderá acontecer no futuro, a curto e médio prazo. Porém, estas informações somente têm valia se houver um compromisso com o planejamento estratégico da empresa. Uma previsão do tipo "caixa preta" baseada apenas em dados passados, sem uma análise das variáveis explanatórias envolvidas no tráfego, podem resultar em resultados muito divergentes dos previstos [1].

O mercado de provimento Internet, seja pela evolução das tecnologias de acesso ou pela disseminação da "inclusão digital" está experimentando elevadas taxas de crescimento, muito superiores a *commodities* tradicionais, como a energia elétrica. Por este motivo é importante que exista o compromisso de todos os setores da empresa em manter os preços em patamares competitivos com o mercado para que o crescimento continue com taxas semelhantes às medidas anteriormente, e que a análise por séries temporais tenha resultados próximos aos reais. Os padrões presentes em séries temporais serão explicados a seguir.

2.1 Componentes de Séries Temporais

Uma série temporal pode possuir diversos padrões identificáveis [1]. O padrão Horizontal é o padrão que existe quando um valor flutua em torno de uma média constante, em uma série estacionária, que não cresce com o passar com o tempo. Por esta característica, ela não é muito pronunciada em dados provenientes de tráfego Internet.

O padrão sazonal existe quando a série temporal é periodicamente influenciada por fatores sazonais. No caso de uma série temporal de um tráfego Internet padrão, normalmente pode-se identificar dois padrões sazonais, um diário, onde o tráfego aumenta durante o horário comercial e durante a noite, em função do uso da Internet doméstica e cai a valores muito baixos no final da madrugada, e outro anual, com uma diminuição do uso nos meses de férias.

A componente cíclica ocorre em períodos não determinados, em função de flutuações de mercado, onde estratégias próprias ou de competidores, tais como promoções, podem alterar o padrão de tráfego durante um período não determinado.

A componente de tendência existe quando existe um aumento ou diminuição de tráfego de longo prazo. Como o tráfego Internet, por razões citadas anteriormente, tende a aumentar constantemente, esta é uma componente fundamental na previsão por séries temporais. Na Figura 1 é representada a medida de tráfego de um enlace Internet, com período superior a um ano. Nela podemos identificar estes vários componentes da série temporal, bem como uma linha de tendência que obtida através da suavização da média dos dados levantados.

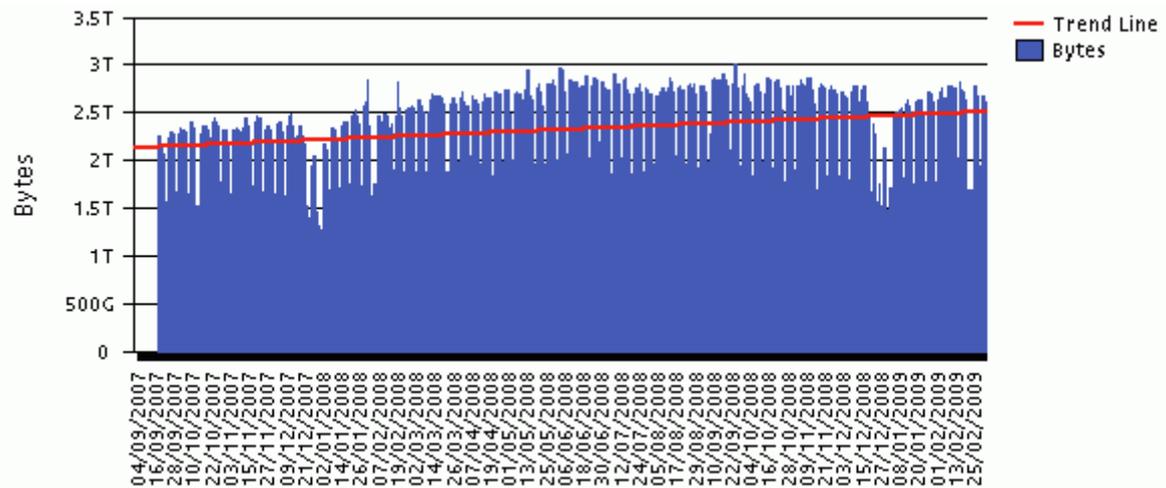


Figura 1 – Exemplo de Série Temporal e Linha de Tendência

2.2 Métodos de previsão de tráfego futuro por análise de séries temporais

Quando a série temporal exibe padrões de tendência e sazonalidade, aplica-se a técnica de Holt-Winters, que faz parte de um conjunto de modelos de previsão abrangido pelo Método de Amortecimento Exponencial (MAE)[1]. O MAE se distingue dos modelos de regressão linear por não ajustar uma reta aos dados, e sim tentar determinar a melhor reta para cada instante de tempo. O MAE corrige os pesos dos dados conforme a idade dos mesmos, atribuindo pesos maiores aos dados mais recentes. Para cada nova observação, a observação mais antiga é retirada e uma nova média ponderada é realizada. Desta forma, o tamanho do conjunto permanece fixo, apesar de estar se “movendo”, surgindo assim o conceito de médias móveis (MM).

Aplicando-se a técnica de previsão de Holt-Winters em um pacote computacional estatístico, como o Ambiente “R” [3], traçamos a previsão de tráfego em cima do conjunto de observações obtidos de um enlace de dados (Figura 2).

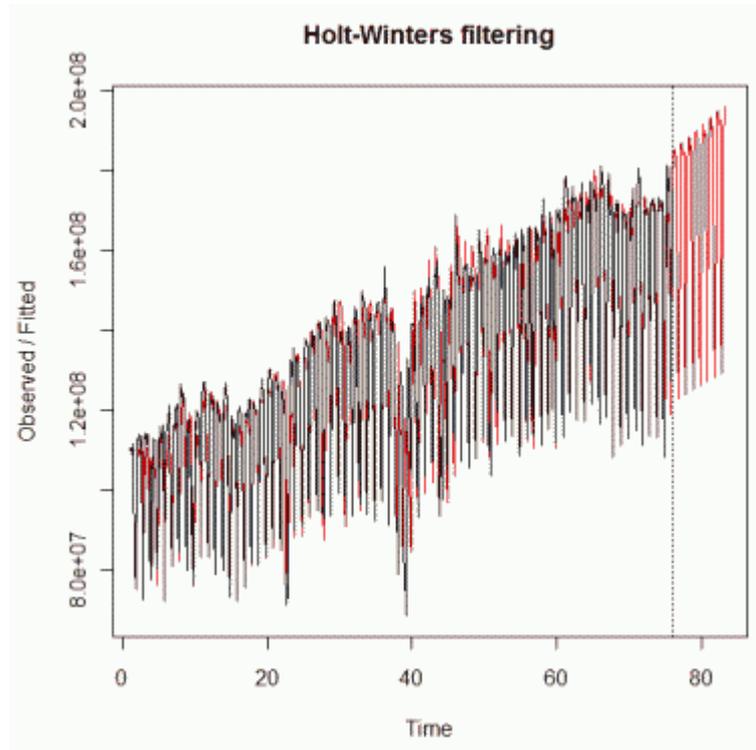


Figura 2- Exemplo de previsão com a utilização do método de Holt-Winters

2.3 Aplicação de Redes Neurais Artificiais na previsão de tráfego Internet futuro

As técnicas de Inteligência Artificial, como as RNAs (Redes Neurais Artificiais) têm sido utilizadas para a previsão de tráfego por sua habilidade de previsão de séries temporais não lineares e por sua tolerância a ruído [2]. O Perceptron Multicamada é a rede neural mais popular no estudo de previsões de tráfego. Quando adotando esta arquitetura, a previsão por séries temporais é obtida utilizando-se uma janela de tempo deslizando em uma combinação também denominada de Rede Direta por Defasagem de Tempo.

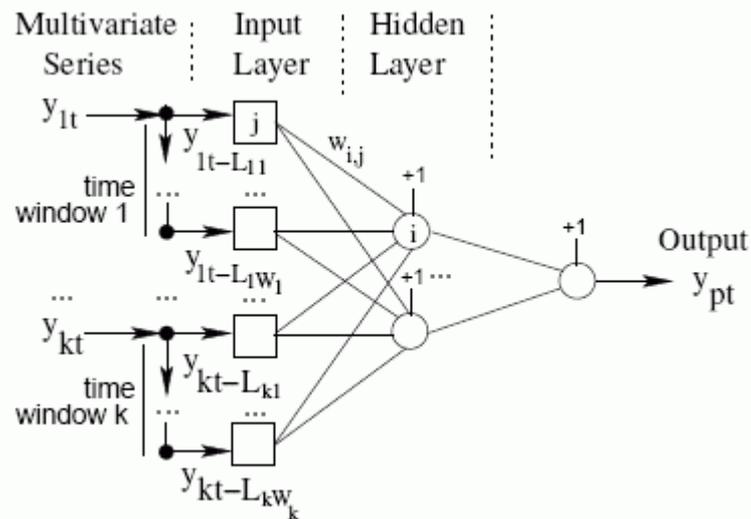


Figura 3 – Arquitetura Perceptron Multicamada

Em diversos estudos realizados, a previsão pela técnica de redes neurais superou em muitos casos a técnica de Holt-Winters, com a obtenção de erros RRMSE (*Relative Root Mean Square Error*) inferiores a estes. Para a computação destes erros, 2/3 das medidas são utilizadas para alimentação do modelo e 1/3 para comparação com os valores previstos.

3.0 - PACOTES DE SOFTWARE UTILIZADOS NO PLANEJAMENTO DE TRÁFEGO

Os dados coletados continuamente dos equipamentos de rede, via protocolos SNMP ou Netflow, normalmente com intervalos de 5 em 5 minutos, são armazenados em bases de dados para serem utilizados posteriormente. Estes dados poderão servir de base para análises em pacotes estatísticos, como o Ambiente "R", que possui bibliotecas prontas com o método de Holt-Winters e suporte a redes neurais, ou para softwares desenvolvidos especialmente para a previsão de tráfego. Dentre os diversos softwares existentes, dois comumente utilizados são o NS-2 e o Cariden Mate.

3.1 NS-2 Network Simulator

Na pesquisa acadêmica de redes de computadores, uma ferramenta gratuita muito utilizada é o NS-2 – Network Simulator[3]. Através de scripts TCL (*Tool Command Language*) são montadas redes e definidos seus parâmetros de acordo com a topologia existente. Com a criação de fontes de tráfego, pode-se simular o comportamento da rede com a inclusão de mais fontes e prever os possíveis gargalos e os parâmetros de QOS (*Quality of Service*), tais como perda de pacotes, latência e etc.

Na figura 4, é mostrado um exemplo do NAM, um aplicativo do NS-2 que apresenta graficamente e com animação os dados da simulação realizada com o NS-2.

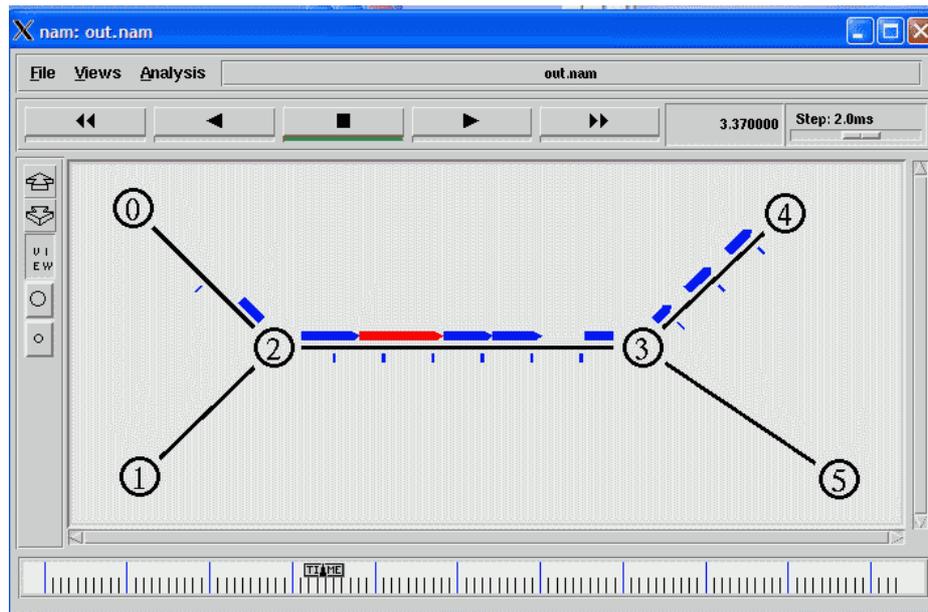


Figura 4 – Animação de uma simulação realizada no NS-2

3.2 Cariden Mate

O Mate [5] é um pacote de software comercial da empresa Cariden utilizado para o planejamento de tráfego em operadoras de telecomunicações. Inicialmente ele examina as tabelas de roteamento IS-IS, OSPF e BGP para descobrir automaticamente a topologia da rede. Na sequência, inicia a coleta de dados de tráfego na rede IP/MPLS, e com estes dados, realiza a previsão do tráfego que existirá em cada enlace em determinado período no futuro. A Figura 5 mostra um exemplo da simulação de tráfego realizada no Mate.

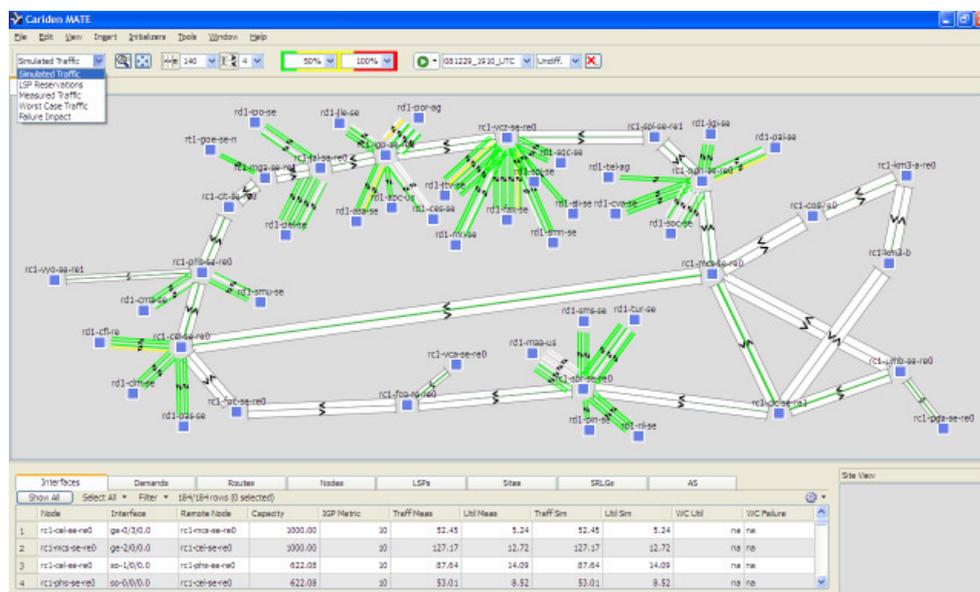


Figura 5 – Simulação de tráfego em uma rede com o software Mate

4.0 - CONCLUSÃO

A previsão de tráfego de rede tem vários objetivos, desde detectar anomalias de tráfego causadas por ataques, vírus e spam até auxiliar no planejamento de capacidade de uma rede, antecipando aquisição de equipamentos e contratação de enlaces e de tráfego de provedores de conteúdo, o que é de grande importância para empresas estatais ou de economia mista, que apresentam prazos de aquisição ou de contratação de serviços superiores aos das empresas privadas. A utilização de ferramentas especializadas baseadas em previsões por séries temporais podem diminuir o erro de estimação em relação aos métodos tradicionais, baseados na experiência dos administradores de redes, e com isso evitar um sub ou super provisionamento dos ativos. A disponibilidade de dados históricos permite a previsão do tráfego futuro com a utilização de diversas ferramentas, gratuitas ou comerciais, mas esta previsão sempre deverá estar alinhada com o planejamento estratégico da empresa, porque uma variação de cenário em um ambiente de crescimento tão acentuado como a Internet pode trazer grandes erros de previsão, principalmente a médio e longo prazo.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Makridakis, S. Wheelwright, and R. Hyndman. Forecasting: Methods and Applications. John Wiley & Sons, New York, USA, 1998.
- [2] P. Cortez, M. Rio, M. Rocha, and P. Sousa. Internet Traffic Forecasting using Neural Networks. In Proceedings of the IEEE 2006 International Joint Conference on Neural Networks, pages 4942–4949, Vancouver, Canada, 2006
- [3] R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- [4] NS-2 – The Network Simulator. URL <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [5] Cariden Mate, URL <http://www.cariden.com>

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Márcio Luiz Ferreira Miguel
 Nascido em Curitiba, PR em 06 de dezembro de 1966.
 Mestrando em Informática Aplicada (previsão 2010): PUC-PR
 Especialização (1998) e Graduação (1993) em Engenharia Elétrica: CEFET-PR
 Empresa: COPEL – Companhia Paranaense de Energia, desde 1995.
 Engenheiro do Departamento de Redes e Serviços – Superintendência de Telecomunicações.

Aloivo Bringel Guerra Junior
 Nascido em Curitiba, PR em 13 de abril de 1968
 Especialização (1999) e Graduação (1993) em Engenharia da Computação: PUC-PR
 Empresa: COPEL – Companhia Paranaense de Energia, desde 1997.
 Engenheiro do Departamento de Redes e Serviços – Superintendência de Telecomunicações.