

Método de Identificação de Modelo de Consumo de Energia em Função de Parâmetros de Qualidade de Serviço em Redes WiFi

LUIZ HENRIQUE BIAZOTTO

lzbiazotto@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de Mogi Mirim– São Paulo – Brasil
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo – Brasil

EDSON TAIRA PROCOPIO

ed_taira@hotmail.com

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo – Brasil

VITOR CHAVES OLIVEIRA

vitor_chaves_oliveira@yahoo.com.br

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo – Brasil

ALEXANDRE DE ASSIS MOTA

amota@puc-campinas.edu.br

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo – Brasil

LIA TOLEDO MOREIRA MOTA

lia.mota@puc-campinas.edu.br

Pontifícia Universidade Católica de Campinas – São Paulo – Brasil

Resumo - Este artigo propõe uma metodologia para identificar o consumo de energia em equipamentos de redes de telecomunicações em função de parâmetros de qualidade de serviço, relacionando os bytes transmitidos pela rede com o consumo de energia em Joules.

Abstract - *This article identifies the power consumption in telecommunication network equipment according to parameters of quality of service, relating the transmitted bytes to the consumption of energy in (J).*

Palavras-chave: Qualidade de Serviço, Consumo de Energia, Rede de Telecomunicações, Potência Elétrica.

Introdução

Atualmente, existe grande preocupação mundial com o consumo excessivo de energia [1]. Registros recentes apontam um crescimento no consumo de energia do Brasil. Em Janeiro de 2010 houve um crescimento de 9,1% se comparado com o mesmo período do ano anterior [2], e em Janeiro de 2011, esse crescimento foi de aproximadamente 6,5% a mais se comparado com o mesmo período do ano anterior

[3]. Praticamente todos os setores produtivos apresentaram aumento no consumo de energia.

De acordo com a figura 1, em 2009 o Brasil ocupava a nona posição no ranking mundial de países que mais consomem energia no mundo. Os Estados Unidos estão na liderança, seguidos por China, Japão, Rússia, Alemanha, Canadá, Índia, França e Brasil [4].

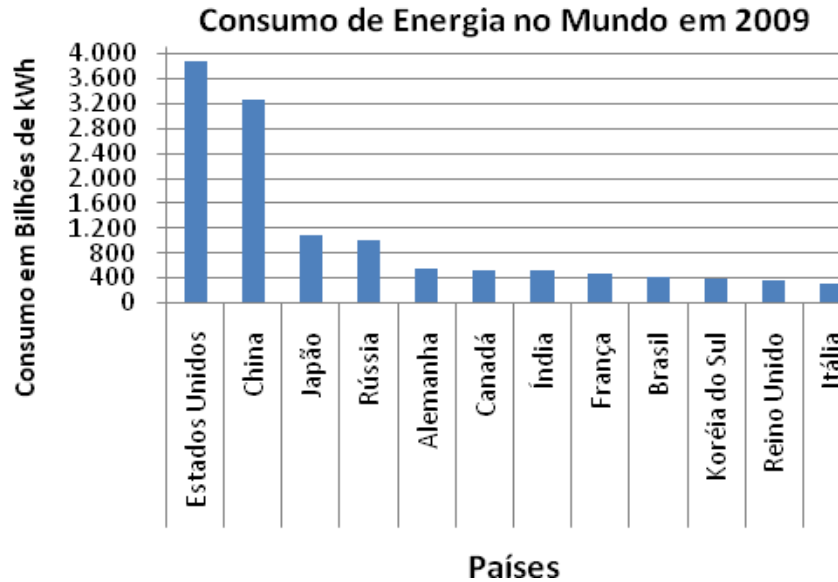


Figura 1 - Ranking dos países que mais consomem energia no Mundo [4].
Fonte: CIA World Factbook

Tendo em vista a limitação das fontes de energia mundiais em contrapartida à crescente demanda nos diferentes setores produtivos da sociedade [5], este trabalho propõe a identificação de um modelo para o consumo de energia em equipamentos de redes de telecomunicações levando em consideração os parâmetros de qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*) nessa mesma rede. A Qualidade de Serviço (QoS) é definida por um conjunto de parâmetros expressados em função do desempenho da conexão do usuário [6]. Alguns desses parâmetros são:

- Largura de banda;
- Latência;
- Jitter;
- Perda de Pacotes;
- Atraso de Pacotes.

Quando deteriorados, estes parâmetros afetam diretamente a qualidade do sinal recebido pelo usuário e, conseqüentemente, a sua conexão ficará comprometida [6].

Não foram identificadas, na literatura atual, referências que tratam especificamente do comportamento do consumo de energia nos equipamentos de redes de telecomunicações levando em consideração os parâmetros de qualidade de

serviço. Neste contexto, este trabalho se propõe a identificar parâmetros que possam ser otimizados nos equipamentos de telecomunicações, objetivando um consumo menor de energia. Assim, a partir do conhecimento desses parâmetros, pode-se realizar a gerência da rede de forma mais eficiente e precisa, a fim de detectar e isolar falhas que contribuem para o consumo excessivo de energia pelos equipamentos de redes, em decorrência de algumas características em que a rede seja submetida, como por exemplo, a perda de pacotes, largura de banda e latência que, entre outras características, resultam em retransmissão de dados, o que conduz a um aumento do consumo de energia para que as informações transmitidas alcancem o destino desejado [7].

Em suma, dependendo do comportamento da rede, espera-se que esta consuma mais energia se houver uma degradação do sinal expressa pelos parâmetros de QoS. No caso dos equipamentos eletrônicos que compõem a rede, é possível definir a potência elétrica (ou seja, a taxa de utilização de energia, por unidade de tempo), dada instantaneamente pelo produto da tensão e da corrente elétrica [4], conforme se observa na equação 1.

$$EI = \int_{t_1}^{t_2} P(t).dt \quad (1)$$

Onde t_1 é o tempo inicial da aferição, t_2 é o tempo final da aferição, P é a potência do equipamento, que é dado pelo produto instantâneo da tensão e da corrente [7].

Método de Medição de Energia

Para a realização deste trabalho foi usado uma placa da STMicroelectronics, [8] conforme se vê na Figura 2, para medir tensão e a corrente dos equipamentos de rede que forem conectados a ela.



Figura 2 - Medidor de energia da STMicroelectronics

Este modelo de placa da *STMicroelectronics* é capaz de executar as seguintes aferições:

- **Potência:** capacidade de produzir trabalho em uma unidade de tempo.
- **Energia:** utilização da potência num intervalo de tempo.
- **Potência Ativa (KW):** é a potência que realmente realiza os trabalhos.
- **Potência Reativa (KVAR):** é a usada para criar o campo eletromagnético das cargas indutivas.
- **Potência aparente (KVA):** é a soma das potências ativa e reativa.
- **Energia Ativa (KWh):** uso da potência ativa num certo intervalo de tempo.
- **Tensão:** Tensão da rede elétrica (127V ou 220V)
- **Corrente:** corrente consumida pela carga.
- **Frequência:** frequência da rede elétrica no Brasil (padrão 60hz).

Conforme se observa na Figura 2, o medidor de energia tem uma interface de comunicação serial, tornando possível a comunicação da placa com um microcomputador. Através do software *High End Meter* (também da *STMicroelectronics*), é possível obter as informações de energia, conforme ilustrado pela Figura 3.

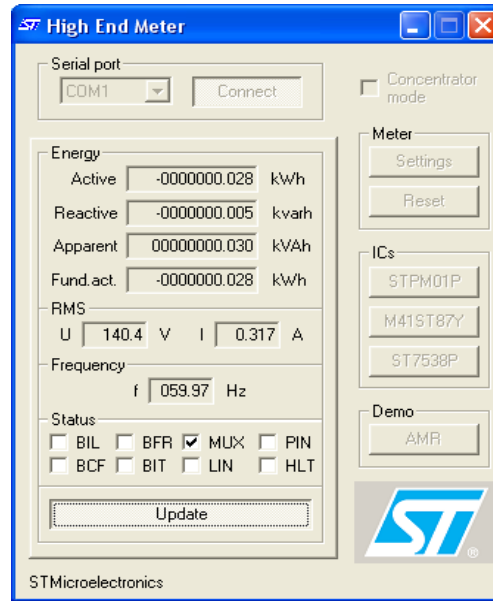


Figura 3 - Software *High End Meter* da STMicroeletronics

Metodologia Aplicada no Experimento

Para a realização deste experimento foi usado o medidor de energia da STMicroeletronics, um notebook, um computador e um roteador sem fio. Estes equipamentos foram instrumentados e conectados em uma rede local sem fios para a realização dos testes, conforme se pode ver na Figura 4.

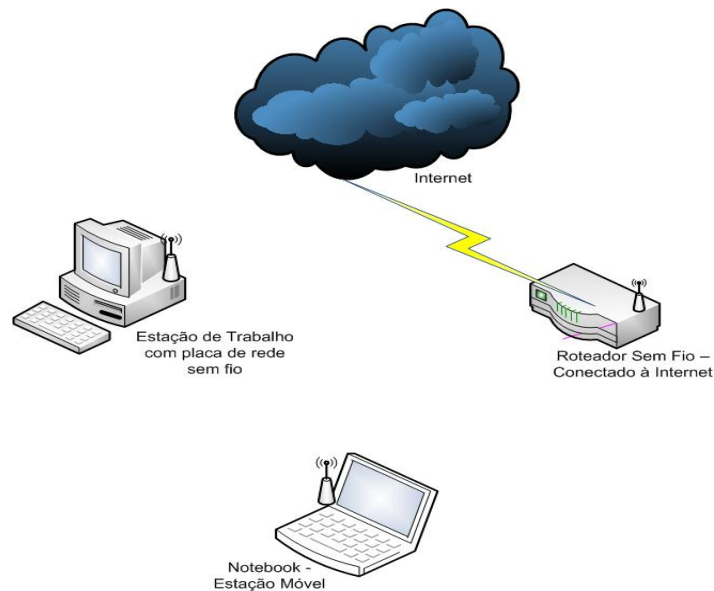


Figura 4 - Topologia da rede local

A única conexão cabeada (par metálico) existente é entre o roteador e a internet. O notebook e a estação de trabalho fazem parte da rede local, usando a

placa de rede sem fio, o que permite acompanhar o comportamento da rede e o consumo de energia.

A estação de trabalho utilizada possuía a seguinte configuração:

- Processador Intel Pentium 4
- 512MB de RAM
- Placa Mãe com chipset Intel
- Placa de Rede com 54 Mbps
- Monitor CRT de 15 polegadas
- Sistema Operacional Microsoft Windows XP Professional SP 3
- Software High End Meter da STMicroeletronics
- Software DesktopSpyCamera
- Software WIRESHARK

O Notebook utilizado possuía a seguinte configuração:

- Processador Intel Core 2 Duo T8100 2.10 GHz
- 4GB de Memória RAM
- Placa Mãe com Chipset Intel
- Placa de Rede de 54 Mbps
- Sistema Operacional Microsoft Windows 7 com Service Pack 1
- 1 Diretório compartilhado para gerar tráfego na rede sem fio

O Roteador TP-Link utilizado possuía a seguinte configuração:

- Modelo: TL-WR741ND - 150 Mbps Wireless N Router
- Antena de 5 Dbi
- Sistema QSS

A conexão com a internet foi realizada através da porta WAN do roteador, usando a infraestrutura de redes da PUC-Campinas.

O medidor de Energia foi afixado em uma base retangular, com 30x35 cm, juntamente com uma régua de 3 tomadas, conforme ilustrado pela Figura 5.

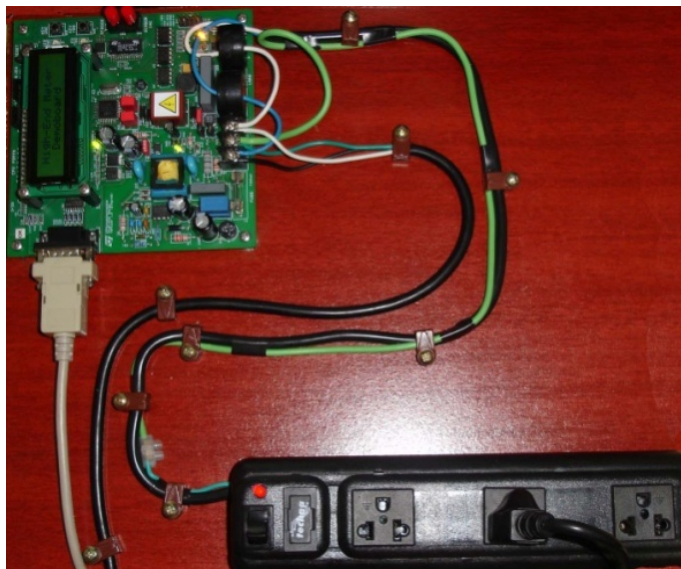


Figura 5 - Fixação do Medidor de Energia na base

O medidor de energia foi ligado diretamente na rede de baixa tensão (127V), enquanto a estação de trabalho foi conectada diretamente em uma tomada da régua montada na base, juntamente com o monitor CRT e o Roteador, permitindo a aferição do consumo de energia da estação de trabalho e do roteador. Já o notebook foi conectado diretamente na rede de baixa tensão sem que seu consumo de energia fosse aferido. Essa abordagem foi adotada pois, uma vez que o notebook é uma estação móvel, seu posicionamento irá influenciar diretamente o comportamento da rede, degradando o sinal no decorrer dos experimentos.

Durante a realização do experimento foram coletadas lotes de medições de 2 minutos de duração, com intervalos de 4 em 4 segundos entre as medidas da rede. Assim, para cada um dos lotes de medições de 2 minutos se tem um conjunto de 30 amostras.

Os lotes de medição foram definidos como se segue:

- O primeiro lote, mais simples, foi definido por um download feito na estação de trabalho, não utilizando o notebook; nesse caso, o roteador estava a aproximadamente 1,5 metros da estação de trabalho.
- No segundo lote o notebook foi afastado a cerca de 5 metros do roteador e posicionado atrás de uma parede. O download foi mantido, associado à transferência de um arquivo com extensão **iso** armazenado no notebook para a estação de trabalho. Foram realizadas novamente as medidas em um intervalo de 2 minutos, totalizando mais 10 amostras.
- No último lote a distância entre o notebook e a estação de trabalho e roteador foi aumentada, de tal forma que o sinal da rede wireless tornou-se mais fraco. A transmissão chegou a 2Mbps (segundo o gerenciador de redes do Microsoft Windows 7), ou seja, com taxa suficiente para manutenção da conexão. A distância final entre o roteador e o notebook foi cerca de 25 metros, em um ambiente com presença de elementos de obstrução tais como paredes, telhado e

janelas com vidro, que afetam diretamente na qualidade do sinal e, conseqüentemente, a qualidade do serviço oferecido por esta rede.

Para a medição do consumo de energia no notebook, o roteador sem-fio foi tomado como estação móvel, ou seja, foi fisicamente afastado do notebook e da estação de trabalho, uma vez que o notebook precisou ser instrumentado, o que dificultaria a sua mobilidade. Tomou-se o cuidado de retirar a bateria do notebook, para que a mesma não influenciasse nos resultados obtidos pelo experimento. O software Wireshark foi configurado para armazenar as informações sobre o desempenho da rede no notebook e não na estação de trabalho.

Após a coleta de dados, foi realizada a identificação de um modelo matemático que evidenciasse o consumo de energia do notebook. Uma vez que se espera uma proporcionalidade entre o consumo de energia e o número de retransmissões, o modelo linear representado pela Eq. (2) foi adotado, por apresentar um resíduo baixo após sua identificação por mínimos quadrados.

$$Y = K \cdot X + M \quad (2)$$

Para a equação 2 se tem X e Y que são as variáveis dependentes (consumo de energia e um parâmetro de qualidade de serviço) e K e M são parâmetros do modelo a serem estimados para prover uma estimativa para o consumo de energia. As informações geradas pelo medidor de energia foram:

- Energia Ativa em Kwh;
- “Energia Aparente” em kVah;
- Tensão em Volts;
- Corrente em Amperes.

Com essas informações cruas não é possível analisar diretamente o consumo de energia. Para atingir este objetivo foi necessário estimar o fator de potência dos equipamentos através da relação entre a energia ativa líquida, consumida durante o intervalo de medição, e a “energia aparente” líquida no mesmo intervalo.

Após a definição desse Fator de Potência para cada lote de medições, torna-se possível multiplicar a tensão medida pela corrente medida e Fator de Potência estimado, obtendo-se a potência ativa para o equipamento. Multiplicando esse valor pelo intervalo entre cada amostra (4 segundos), obtém-se o consumo de energia em Joules (J), conforme dado pela equação (3).

$$\left(\frac{EA_f - EA_i}{Eap_i - Eap_f} \right) \cdot T \cdot C \cdot A \quad (3)$$

Nessa equação, para o intervalo de 4 segundos em questão, Ea_f é a “Energia Aparente” consolidada ao final da medição, Ea_i é a “Energia Aparente” consolidada ao início da medição, Eap_f é a Energia Ativa (real) consolidada ao final da medição, Eap_i é a Energia Ativa (real) consolidada ao início da medição, T é a tensão nominal de alimentação e C é a corrente requerida pelo equipamento.

Resultados e Discussão

A Figura 6 apresenta um gráfico do consumo de energia no notebook, dado em Joules, em função da vazão total em bytes transmitidos durante o intervalo de medição, que é um parâmetro de Qualidade de Serviço.

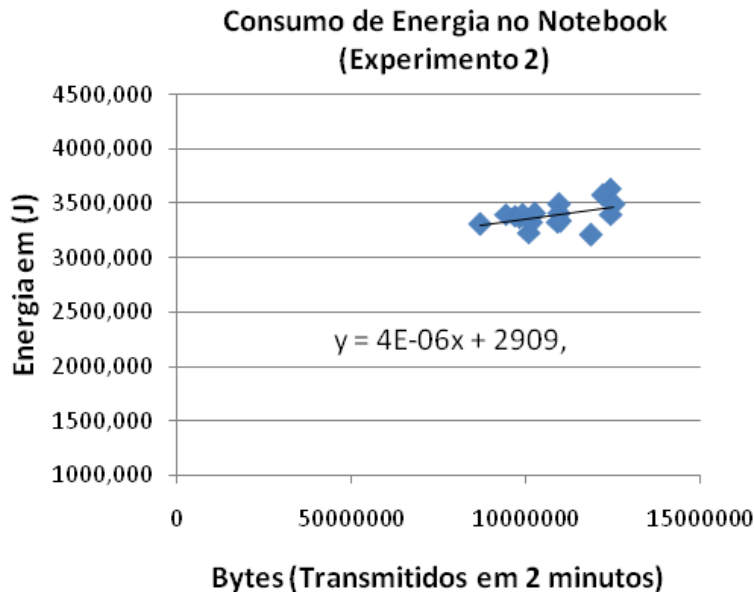


Figura 6 - Gráfico do Experimento 2

No gráfico, a partir dos valores coletados, foi traçada a curva de tendência, facilitando sua a visualização. O modelo resultante da identificação, neste caso, é:

$$\text{Energia (J)} = 2909 + 4 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{total de bytes transmitidos})$$

Também é possível mapear o consumo de energia do notebook pelo tempo, ou seja, sua potência latente em Watts (W), através da equação (4):

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (4)$$

O resultado da equação (4) aponta um consumo de 25,25 W em um período de dois minutos.

Conclusão

Através dos resultados obtidos, é possível concluir que realmente existe uma tendência em aumentar o consumo de energia elétrica nos equipamentos de uma rede de comunicação de acordo com os parâmetros de qualidade de serviço da rede. Mais ainda, em acordo com o gráfico apresentado neste artigo, referente aos

experimentos realizados, comprovou-se que o roteador sem fio (access point) não contribui para um consumo maior de energia, uma vez que seu consumo permaneceu estável. Nessas condições, em uma rede WiFi (padrão IEEE 802.11) fica evidenciado que os computadores (estação de trabalho e notebook) contribuem de forma exclusiva para o aumento no consumo de energia, por serem os elementos de rede capazes de prover variação na potência do sinal transmitido durante a comunicação.

Referências

- [1] TULLY, J. (2010). Citação em Entrevista respondendo pelas pesquisas da empresa GARTNER de NEWING, R.: *Powerful argument for cutting IT energy consumption. GREEN INNOVATION & DESIGN, pg. 2, FINANCIAL TIMES SPECIAL REPORT - Thursday September 16 2010*. Disponível em: <<http://www.ft.com/cms/s/0/4e926678-bf90-11df-b9de-00144feab49a.html#axzz1QTrd tQL1>>. Acesso em: 27 jun. 2011.
- [2] E. T. Procópio (2010), *Medidor Portátil de Fator de Potências Ativas, Reativas e Aparentes e Extrator de Dados de Carga para Circuito de Baixa Tensão Monofásico em Edificações*, Monografia - Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC-Campinas, 100p.
- [3] Reuters (2011). *Consumo de Energia no Brasil em Janeiro, 24 fev. 2011*. Disponível em: <http://economia.uol.com.br/ultimas-noticias/reuters/2011/02/24/consumo-de-energia-no-brasil-cresce-65-em-janeiro-diz-epe.jhtm>. Acesso em: 01 abr. 2011
- [4] CIA World Factbook. (2011). Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>>. Acesso em: 02 jun. 2011
- [5] IMF - INTERNATIONAL MONETARY FUND. (2010). *OIL SCARCITY, GROWTH, AND GLOBAL IMBALANCES. WORLD ECONOMIC OUTLOOK: TENSIONS FROM THE TWO-SPEED RECOVERY, CHAPTER 3*. pp. 89-122. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2011/01/pdf/c3.pdf>> Acesso em: 24 jun. 2011.
- [6] P. Lorenz (2009). *QoS in next generation Networks*, Revista Telecomunicações, Vol. 1, n. 2.
- [7] L. H. Biazotto, A. J. F. Peris, F. S. Cyriaco, O. C. Branquinho, A. S. Mota, L. T. M. Mota (2011). Metodologia para mapeamento do consumo de energia em redes de telecomunicações. In: *XL IGIP International Symposium of Engineering Education*, Santos (SP), pp. 700-703.
- [8] STMicroelectronics (2005). Disponível em: <<http://www.st.com/mettering>>. Acesso em: 01 abr. 2011

Contato

Luiz Henrique Biazotto, aluno do curso de mestrado profissional da Pontifícia Universidade Católica de Campinas e professor da FATEC de Mogi Mirim.

Opções de contato:

e-mail: lzbiazotto@gmail.com

celular: (19) 8122-5016