

AVALIAÇÃO DO MODEM PLC 200MBPS PARA TRANSMISSÃO DE DADOS VIA REDE ELÉTRICA

Rodrigo Romão França Soares, Yuri Gomes dos Santos e Karine Barbosa Carbonaro
Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Patos de Minas – Minas Gerais,
rodrigoromao@etel.ufu.br, yuri_santos27@hotmail.com, karine@eletrica.ufu.br

Resumo - Este artigo apresenta uma avaliação da capacidade de transmissão dos modems PLC de 200 Mbps. Foram desenvolvidos no laboratório diversos experimentos na rede *PowerLine Communications* (PLC) para verificar a influência do ruído colorido, gerado por eletrodomésticos, na taxa e no tempo de transferência de dados. Os resultados obtidos mostraram que os eletrodomésticos diminuem a taxa e aumentam o tempo de transferência de dados

Palavras-Chave - PLC, ruído, taxa de dados, tempo de transferência.

EVALUATION OF THE 200MBPS PLC MODEM FOR THE DATA TRANSMISSION BY THE POWER LINE

Abstract - This article presents an evaluation of the transmission capacity of the 200 Mbps PLC modems. Many experiences in the laboratorial *Powerline Communications* (PLC) network were developed to verify the colored noise influence created by appliances, in the data transference rate and time. The results showed that the appliances decreases the rate and grows the data transference time.

Keywords - PLC, noise, data rate, transference time.

I. INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, observou-se um interesse crescente na utilização das redes de distribuição de energia elétrica como uma alternativa para o fornecimento de diversos serviços de telecomunicações, voz, vídeo e dados. Estes serviços são transmitidos em velocidade alta na última milha (*last mile*) que é denominada de rede de baixa tensão. Ela é uma rede de menos de 1 kV e tem toda uma infraestrutura extensa já instalada. No *Powerline Communication*, a tomada elétrica também serve para acesso à Internet.

A rede PLC difere nos quesitos de topologia, estrutura e propriedades físicas dos meios convencionais como: par trançado, cabo coaxial ou cabo de fibra óptica. Esta rede tem propriedades muito hostis para ser um canal de transmissão



XI CEEL – ISSN 2178-8308
25 a 29 de novembro de 2013
Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

de dados.

Este artigo, faz uma avaliação da taxa e do tempo de transferência de dados do modem PLC na rede ethernet do laboratório onde a camada física é a rede elétrica. Os experimentos consideram a adição de ruído colorido na rede elétrica para simular a propriedade hostil desse canal de transmissão.

O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção II descreve o funcionamento da tecnologia PLC. Na Seção III são apresentados os experimentos realizados com o modem PLC e são analisados os resultados obtidos. Por fim, as conclusões deste trabalho são apresentadas na Seção IV.

II. FUNCIONAMENTO

A. Definição da tecnologia

PLC é um sistema de telecomunicações por meio de rádio frequências que utiliza como meio de transporte a rede elétrica de distribuição. O princípio básico de funcionamento está na frequência dos sinais gerados, no PLC o sinal opera em MHz (1,7 MHz a 30 MHz), e o sinal de energia elétrica em Hz (50 Hz a 60 Hz), os dois sinais podem utilizar o mesmo meio de transmissão sem que um interfira no outro.

Os dois segmentos da tecnologia PLC são apresentados na Figura 1:

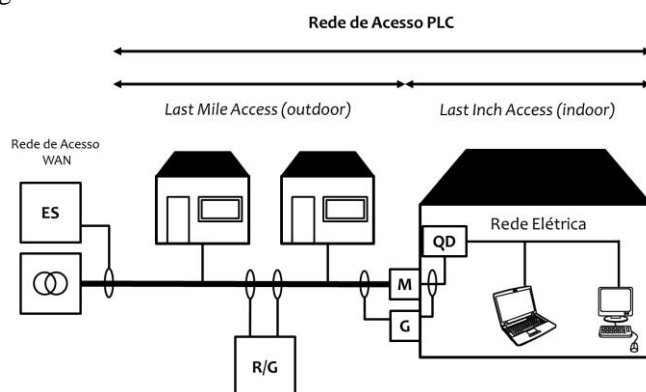


Fig. 1. Visão geral da rede de acesso PLC

- *Last Mile Access (outdoor)*: É a rede de acesso à residência conecta os usuários com os provedores de acesso. A faixa de frequência é de 1MHz a 10/13 MHz.
- *Last Inch Access (indoor)*: É a rede dentro das edificações: residenciais, comerciais e industriais. A faixa de frequência é de 10/13 MHz a 30 MHz.

As avaliações experimentais propostas neste artigo são

aplicadas a *last inch access*, rede *indoor*.

B. Elementos básicos da rede

Os elementos PLC básicos, apresentados na Figura 1, possuem as tarefas de: preparação, conversão, transmissão e recepção dos sinais nos padrões PLC. Os seguintes elementos fazem parte de uma rede PLC básica de acesso.

- *PLC estação base*: convertem, gerenciam e transmitem as informações em uma rede PLC. São instalados próximo dos transformadores de baixa tensão para os casos de aplicações externas (*outdoor*), são conectados com a rede elétrica de baixa/média tensão de um lado e do outro com a rede de acesso a WAN.
- *PLC modem*: conectam equipamentos de comunicações padrões, usados pelos usuários com o meio de transmissão *powerline*. A interface do lado do usuário pode prover vários padrões de interfaces para dispositivos de comunicações diferentes, por exemplo, a Ethernet, USB e S0. No outro lado, o modem PLC é conectado à rede elétrica por meio de uma junção específica que permite a sua alimentação, a transmissão e a recepção de sinais no meio *powerline*. A junção tem que assegurar uma separação de tecnologia e agir como um filtro passa alta dividindo as comunicações que operam acima de 9 KHz do poder elétrico 50 Hz ou 60 Hz. O modem PLC implementa todas as funções da camada física, a modulação e a codificação. A segunda camada também inclui seu controle de acesso meio (MAC) e ligação lógica controla (LLC) de acordo com o OSI.

C. Tipos de ruídos

Os ruídos encontrados na rede elétrica não podem ser caracterizados como ruído branco gaussiano aditivo (AWGN - *Additive White Gaussian Noise*), pois estes apresentam características peculiares à rede elétrica podendo ser classificados em cinco categorias:

- 1) *Ruído colorido de fundo*: tem densidade espectral relativamente baixa e diminui com a frequência. Este ruído é causado principalmente pela sobreposição de numerosas fontes de intensidade baixa. O ruído colorido apresenta forte dependência com a frequência considerada, os parâmetros deste ruído variam bruscamente em um pequeno intervalo de tempo.
- 2) *Ruído de banda estreita*: tem na maioria das vezes formato senoidal, com amplitudes moduladas. Este ruído ocupa diversas sub-bandas que são relativamente pequenas e contínuas sobre o espectro frequência. Ele é causado principalmente pela inserção de estações sobre faixas de frequências e pela transmissão de ondas curtas na linha.
- 3) *Ruídos impulsivos periódicos assimétricos*: tem taxa

de repetição de aproximadamente 50 kHz e 200 kHz. Esse tipo de ruído é causado pela comutação de equipamentos como motores ligados à rede elétrica, devido a sua alta taxa de repetição o ruído impulsivo ocupa uma larga faixa de banda no espectro de frequência.

- 4) *Ruídos impulsivos periódicos simétricos*: tem taxa de repetição entre 50 Hz e 100 Hz, que é a frequência de operação da rede de distribuição de energia. Esse tipo de ruído tem duração curta na ordem de microssegundos e tem uma densidade espectral que diminui de acordo com a frequência.
- 5) *Ruídos impulsivos*: são causados principalmente pela comutação de transientes na rede, esses ruídos têm a duração de alguns microssegundos até alguns milissegundos. Sua densidade espectral pode alcançar valores de até 50 dB em relação ao ruído de fundo na comunicação digital sobre as redes do PLC.

A Figura 2 ilustra a adição dos vários ruídos no canal de comunicação. Nos experimentos realizados foram adicionados a rede elétrica fontes de ruído do tipo ruído colorido.

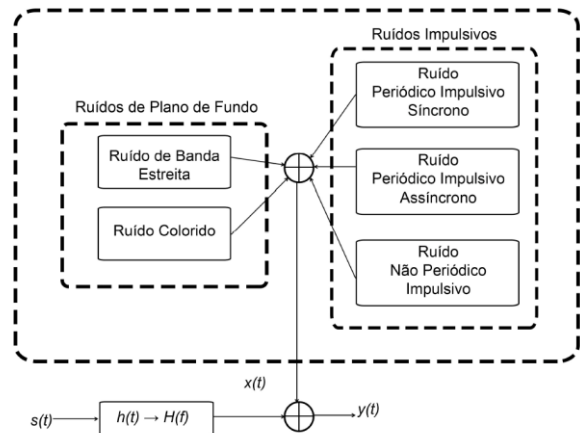


Fig. 2. Cenário de ruído no canal de comunicação.

III. RESULTADOS

A. Topologia da rede

A Figura 3 ilustra a topologia da rede montada no laboratório para a realização dos experimentos. A escolha da topologia baseou-se na literatura, de acordo com os livros e os artigos estudados a priori. Montou-se uma nova rede com as distâncias de cada ponto que compõem a rede conhecida. Como a montagem foi em laboratório, a caracterização do cenário de estudo e os parâmetros de avaliação de desempenho foram definidos para um sistema *indoor*. O objetivo da montagem do experimento foi obter o conhecimento da funcionalidade e do desempenho dos *modems* PLC em condições adversas.

Nessa topologia considerou-se 6 (seis) tomadas: 1 (uma) tomada para o modem com a função de transmissor, 1 (uma) tomada para o modem com a função de receptor e outras 4 (quatro) tomadas para a adição de eletrodomésticas:

batedeira, liquidificador, e secador que foram utilizados como fontes de ruído. Durante os experimentos, as posições do transmissor e do receptor foram alteradas para avaliar o impacto da distância da fonte de ruído nos parâmetros de desempenho de uma rede ethernet: taxa e tempo de transferência do arquivo. O arquivo é constituído por imagem colorida de 53,6 MB em formato *bitmap* (.bmp).

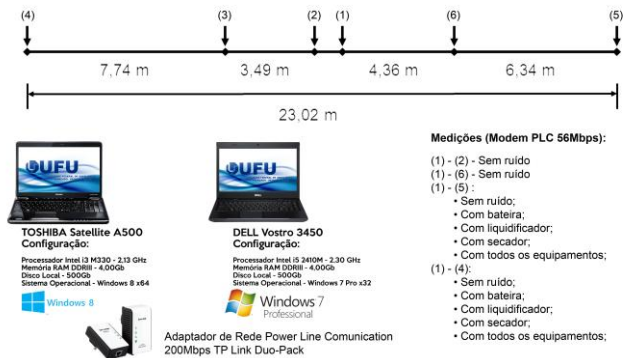


Fig. 3. Topologia da rede experimental

B. Cenários avaliativos

Depois de montada a rede experimental em laboratório foram definidos os seguintes cenários avaliativos:

- *Cenário 1* – sem fonte de ruído na rede;
- *Cenário 2* – batedeira como fonte de ruído na rede;
- *Cenário 3* – liquidificador como fonte de ruído na rede;
- *Cenário 4* – modem PLC ligado no estabilizador.
- *Cenário 5* – secador como fonte de ruído na rede;
- *Cenário 6* – batedeira e liquidificador como fontes de ruído na rede;
- *Cenário 7* – batedeira e estabilizador como fontes de ruído na rede;
- *Cenário 8* – batedeira e secador como fontes de ruído na rede;
- *Cenário 9* – secador e liquidificador como fontes de ruído na rede;
- *Cenário 10* – secador e estabilizador como fontes de ruído na rede;
- *Cenário 11* – liquidificador e estabilizador como fontes de ruído na rede; e
- *Cenário 12* – todos os equipamentos foram utilizados como fontes de ruído na rede;

Os experimentos foram realizados e validados, com um número de repetições significativos. Esses foram realizados de segunda-feira à sexta-feira no horário do expediente do

campus. Nesses dias, a rede elétrica estava sendo utilizada por todos os técnicos e docentes em varias atividades e uma grande variedade de equipamentos como carga.

C. Resultados obtidos

A Tabela I apresenta os resultados dos experimentos realizados nos doze cenários.

Tabela I - Resultados dos doze cenários.

Cenários	Distâncias			
	T1 - T2	T4 - T1	T4 - T5	T5 - T6
1 - Sem-Ruido	10,6 MB/s	10,4 MB/s	8,31 MB/s	8,85 MB/s
2 - Batedeira	10,3 MB/s	8,35 MB/s	8,39 MB/s	-
3 - Liquidificador	8,96 MB/s	5,72 MB/s	7,93 MB/s	-
4 - Estabilizador	8,35 MB/s	5,97 MB/s	6,14 MB/s	-
5 - Secador	7,43 MB/s	5,72 MB/s	-	-
6 - Bat e Liq	6,64 MB/s	4,20 MB/s	4,49 MB/s	-
7 - Bat e Est	6,29 MB/s	4,64 MB/s	4,15 MB/s	-
8 - Bat e Sec	7,43 MB/s	4,37 MB/s	-	-
9 - Sec e Liq	6,76 MB/s	3,54 MB/s	-	-
10 - Sec e Est	5,51 MB/s	3,86 MB/s	2,25 MB/s	-
11 - Liq e Est	4,12 MB/s	2,84 MB/s	0,28 MB/s	-
12 - Todos	1,69 Mb/s	1,86 MB/s	-	-

Na Tabela I, a primeira linha representa as distâncias entre os modems transmissor (Tx) e receptor (Rx) PLC. A primeira coluna indica os cenários avaliados. As nove colunas por doze linhas estão indicando: taxa da transferência de Tx para Rx nos 12 cenários.

Inicialmente, avaliou-se a utilização de apenas uma fonte ruído. De acordo com os valores apresentados, observou-se que o menor valor da taxa de transferência de arquivo corresponde à utilização do secador como fonte de ruído na rede elétrica. A menor taxa corresponde ao maior tempo de transferência do arquivo. Pode-se verificar que as distâncias foram variadas, mas mesmo assim o secador apresentou o pior desempenho.

A seguir foram avaliados os cenários que utilizaram duas fontes de ruído. Observou-se que o menor valor de taxa de transferência de arquivo corresponde à utilização do liquidificador e do estabilizador como fontes de ruído na rede elétrica. Pode-se verificar que as distâncias foram variadas, mas mesmo assim o desempenho foi inferior aos demais.

O cenário 12, ilustra a utilização da rede em uma residência, onde são utilizados variados equipamentos ligados a rede elétrica, o desempenho da rede foi considerado muito ruim. Não é indicado utilizar o PLC em redes domésticas.

Pode-se concluir que é importante avaliar uma rede elétrica completamente sem carga, rede ideal, para se determinar a taxa máxima de transferência do modem PLC de 200 Mbps.

IV. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um estudo da capacidade de transmissão dos modems PLC de 200 Mbps. Foi verificado o efeito causado pelo ruído colorido na rede elétrica, e consequentemente a influência dele nas taxas e nos tempos de transmissão de dados. Baseado nos resultados obtidos nos experimentos em laboratório, conclui-se que a taxa de

transferência de dados está muito abaixo do valor esperado para uma rede ethernet.

REFERÊNCIAS

- [1] M. V. Ribeiro, “*Técnicas de processamento de sinais aplicados à transmissão de dados via rede elétrica e ao monitoramento da qualidade de energia*”, tese de doutorado, Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.
- [2] Ascom, *Nothing is a powerful as an Idea for which the time is ripe: welcome to the second discovery of electricity*. Berne, Switzerland, 2001
- [3] K.Dostert, *Power Line Communications*.1. ed. New York: Prentice Hall, 2001.
- [4] P. J. Langfeld, “The Capacity of typical power line reference channels and strategies for system design”. In Proc. 5th *International Symposium on Powerline Communications and its Applications*. p. 271 -278. 2001.
- [5] M. Zimmermann & K.Dostert, “A multi-path signal propagation model for the power line channel in the high frequency range”. In Proc. 3th *International Symposium on Powerline Communications and its Applications*
- [6] W. Sanderson, “Broadband communications over a rural power distribution circuit” In Proc. *IEEE Southeastcon*. p. 45-51. 1999.
- [7] N. Pavlidou, et.al. “Power line communications: State of art and future trends”. *IEEE Comm. Magazine*, 41 (4), 34-40. 2003.
- [8] E. Biglieri, “Coding and modulation for a horrible channel”. *IEEE Comm. Magazine*, 41 (5), 92-98. 2003.