

Comparação entre Modelos de Canais de Comunicação para Redes Elétricas

Rogério Oliveira de Aguiar, Jair L. Silva,
Tonny M. Siqueira e Marcelo E. Vieira Segatto

Laboratório de Telecomunicações, Departamento de Engenharia Elétrica,
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.
Campus de Goiabeiras, Av. Fernando Ferrari, s/n, Cx. Postal 5011, CEP 29060-970.
rogerioag@labetel.ele.ufes.br Fone/FAX: (27) 3335-2072

Resumo – Este trabalho apresenta um estudo da utilização da rede de energia como canal de transmissão de dados. A resposta em frequência do canal foi analisada através de duas técnicas: Caracterização por matrizes ABCD e pelo modelo de multi-percurso.

Palavras Chave – Comunicação via rede elétrica, Matriz ABCD, função de transferência, Multi-Percurso.

Abstract – This work presents a study of power line communication (PLC) channels. The PLC channel frequency response was analyzed using two techniques: The ABCD matrix method and the multi-path model.

Keywords – Power Line Communications, ABCD matrix, transfer functions, multi-path.

I – INTRODUÇÃO

Devido às recentes pesquisas, o sistema de distribuição de energia está migrando de uma simples rede de distribuição para um canal de transmissão não só de energia como também de voz, vídeo, e vários outros serviços de dados (principalmente internet) [1].

Por ser um sistema de alta velocidade, os dados trafegam na rede em uma frequência que vai de 0.5 MHz – 30 MHz, logo a caracterização da rede deve ser feita nessa faixa de frequência.

A rede de elétrica difere-se consideravelmente em topologia, estrutura e propriedades físicas dos meios de transmissão convencionais como cabos coaxiais, pares transados ou fibra ótica. Além disso, o sistema Power Line Communication (PLC) tem muitas características hostis, então é do maior interesse obter um modelo das características de transmissão da rede através de simulações computacionais. Vale lembrar que modelagens de canais PLC investigadas são apropriadas para canais "outdoor" ou "last miles".

II – MODELOS DE CANAIS

Primeiramente foi utilizada uma técnica muito conhecida para simulação de redes de comunicação, o método das matrizes ABCD [2]. Mas apesar de muito precisa essa técnica depende do conhecimento detalhado da topologia da rede e das características e disposições físicas dos cabos utilizados, o que é muito difícil de obter com a precisão necessária. Porém, essa técnica será muito útil na implementação do método dos Multi-Percurso [1], pois com elas podemos simular qualquer tipo de rede e assim testar o método citado.

A. Matrizes ABCD

Para modelagem dos canais PLC foi desenvolvido um algoritmo baseado na técnica das matrizes ABCD onde a rede é dividida por partes, como ilustra a figura 1 e cada parte é representada por uma matriz, depois através de operações matriciais é obtida a função de transferência (FT) da rede desejada.

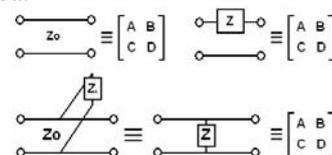


Fig. 1 – Modo de divisão da rede de comunicação.

Com um Analisador de Redes foram realizadas várias medições em redes existentes e os resultados comparados com os obtidos nas simulações computacionais. Verificando assim o bom funcionamento da técnica, como se observa na figura 2, onde foi simulada uma rede com duas derivações.

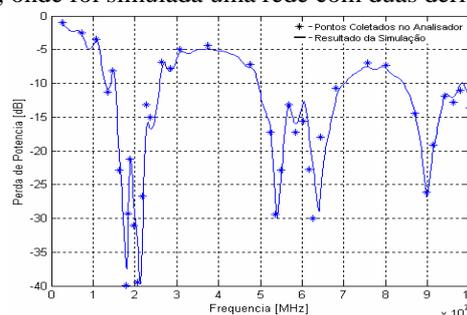


Fig. 2 – Resultados do Analisador de Redes e Simulado

Com esse algoritmo, que simula redes de comunicação, será possível criar diferentes tipos de redes para, assim, implementar a técnica dos multi-percurso, que diferentemente das matrizes ABCD necessita apenas da resposta impulsiva do canal.

B. Multi-Percurso

Diferentemente da telefonia, em uma rede de energia a propagação do sinal não tem um caminho direto entre o transmissor e o receptor, então os "ecos" provocados pelas derivações devem ser considerados, resultando assim em um multi-percurso [3].

No exemplo da figura 3 é mostrada uma linha de transmissão bem simples, com apenas uma derivação. O sinal transmitido de A para B percorre diversos caminhos, desde o direto de A→C→B até um que passa de A→C→D→C→D→C→B, ou seja, existe um número infinito de propagações e as somas de todas elas vão formar o sinal recebido.

A influencia de cada propagação do sinal no resultado final vai depender do tamanho do caminho percorrido devido à atenuação na linha e as perdas pelas reflexões, logo a influencia dos multi-percursos passam de infinitos fatores para N fatores dominantes denominados “ g_i ” onde $i=1, 2, \dots, N$, então cada caminho terá seu fator de peso sendo todos eles menores ou iguais a um.

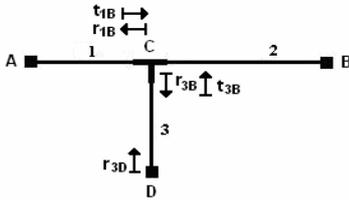


Fig. 3 – Reflexões e transmissões em uma rede.

O atraso T_i pode ser calculado pela constante do dielétrico ϵ_r , pela velocidade da luz C_0 , pelos tamanhos dos cabos d_i e pela velocidade de fase V_p , onde T_i e d_i são relacionados ao i -ésimo multi-percurso.

$$T_i = \frac{d_i \sqrt{\epsilon_r}}{C_0} = \frac{d_i}{V_p} \quad (1)$$

As perdas no cabo aumentam com a distancia e a frequência [4], logo é uma função dessas duas variáveis. Foi caracterizada primeira a atenuação provocada pela frequência, que após algumas considerações matemáticas foi definida por (2), que depende apenas de a_0 , a_1 e k que são os parâmetros da atenuação.

$$\alpha(f) = a_0 + a_1 \cdot f^k \quad (2)$$

As componentes do sinal são dadas pelo principio da superposição, então o sinal enviado de A até C pode ser dado por:

$$H(f) = \sum_{i=1}^N g_i e^{-(a_0 + a_1 \cdot f^k) \cdot d_i} e^{-j2\pi(d_i/V_p)} \quad (3)$$

Essa equação (3) representa um modelo de Linha de Transmissão considerando apenas os fatores mais substanciais em uma frequência de 500 kHz-30MHz. Vale a pena ressaltar que o numero de caminhos N controla a precisão do modelo que é muito importante na análise do sistema PLC.

III – VERIFICAÇÃO DO MODELO

Para verificação, os resultados das simulações baseadas no modelo (3) foram comparados com as curvas geradas pelo algoritmo das matrizes ABCD, pois ele gera redes muito bem conhecidas.

Com a função transferência de uma rede com duas derivações foram obtidos os parâmetros de atenuação, como ilustra a figura 4.

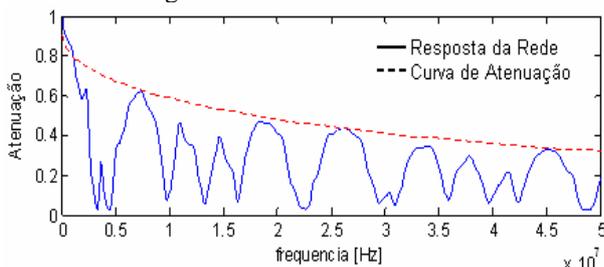


Fig.4 - FT da Rede e a Curva de Atenuação do modelo.

Depois foi aplicada a transformada inversa de Fourier para obtenção da resposta impulsiva do canal, como ilustra a figura 5. De onde são tirados os parâmetros do modelo.

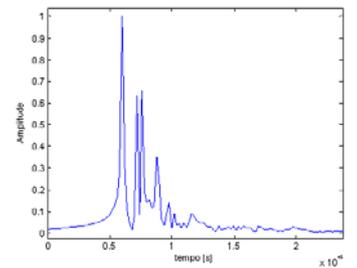


Fig.5 -. Resposta impulsiva da rede.

De posse da resposta impulsiva são obtidos os fatores mais importantes do modelo, que são: as distancias percorridas pelo sinal em cada caminho, seu fator de peso e a quantidade de percursos que serão utilizados na simulação. Foi feito um algoritmo que calcula a FT resultante. Na figura 6 pode-se verificar o resultado.

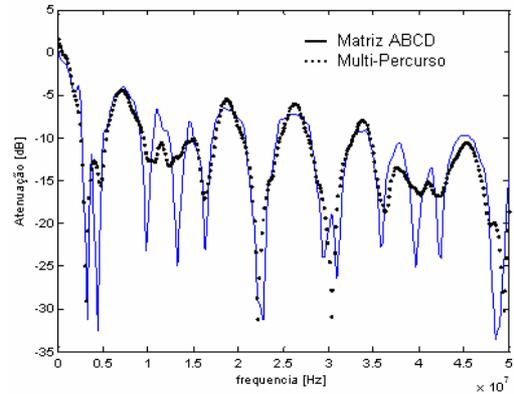


Fig. 6 – FTs obtidas pelas matrizes ABCD e por Multi-Percurso.

Para simulação dessa rede (duas derivações) foram utilizados 12 caminhos. Comparando o resultado do modelo com o real percebe-se que as curvas são bem semelhantes, inclusive tendo os picos negativos, que dependem do tamanho e localização das derivações, na mesma faixa de frequência.

IV – CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada uma comparação entre duas técnicas de modelagem de redes elétricas, a das matrizes ABCD que é muito precisa, porém dependente de parâmetros que são muito difíceis de obter na pratica e a dos Multi-Percursos que obteve resultados muito bons sendo necessária apenas a resposta impulsiva da rede.

Com diferentes redes geradas através das matrizes ABCD foi possível verificar o funcionamento da técnica dos multi-percursos que tornará possível a construção de uma emulador de redes usando filtros digitais.

REFERÊNCIAS

- [1] Klaus Dostert, *Powerline Communications*. Prentice Hall PTR, 2001.
- [2] David K. Cheng, *Field and Wave Electromagnetics*. Addison Wesley, 1989.
- [3] Zimmermann M., Dostert K., “A Multi-Path Signal Propagation Model for the Power Line Channel in the High Frequency Range”, 1999.
- [4] Rogério Muniz Carvalho, *Princípios de Comunicações*, Túlio Samorini, 2002