



Com este artigo pretendemos esclarecer o que significa a sigla **BER - Bit Error Rate** e mostrar sua importância no teste dos links de telecomunicações, bem como explicar de forma básica como funciona o equipamento denominado Analisador de Comunicação Digital.

1. DEFINIÇÃO DA BER

Indo direto ao ponto, vamos definir o que é BER. É a sigla de Bit Error Rate, que traduzido para o português significa Taxa de Bits Errados. Matematicamente falando, a Taxa de Bits Errados (BER) pode ser definida pela expressão:

BER =

$$\frac{\text{Quantidade de bits errados}}{\text{Quantidade total de bits enviados}}$$

2. PRA QUE SERVE A BER?

A taxa de bits errados funciona como um indicador da qualidade do link de dados.

Obviamente em um link ideal não haverá bits errados, pois todos os bits enviados pelo transmissor irão chegar íntegros no receptor e nesse caso a BER seria zero, pois teríamos a quantidade de bits errados = 0.

Portanto quanto menor a BER, melhor será o link. Lembramos que usualmente os valores da BER são muito próximos de zero, mas não são exatamente zero. É comum ter valores de BER variando de 0,000001 a 0,000000001 e estes valores costumam ser utilizados em notação exponencial, ou seja, os mesmos valores citados são representados como 10^{-6} (0,000001) e 10^{-9} (0,000000001).

O primeiro valor (10^{-6}) pode ser reescrito como a fração $\frac{1}{10^6}$ ou $\frac{1}{1000000}$ que significa literalmente que

houve 1 bit errado para 1000000 (um milhão) de bits recebidos. No segundo caso (10^{-9}), significa que houve 1 bit errado para 1000000000 (um bilhão) de bits recebidos. Claramente um link com BER = 10^{-9} é muito melhor que um link com BER = 10^{-6} .

3. COMO SE MEDE A BER?

Utilizam-se equipamentos denominados Analisadores de Comunicação Digital (também chamados de test-sets) que são projetados para transmitir e receber determinados padrões de bits. Uma vez definido um padrão de bits no equipamento transmissor (TX), deve-se definir o mesmo padrão de bits no equipamento receptor (RX). Dessa forma, o equipamento receptor já sabe, à priori, qual é a sequência de bits que deve chegar e passa a comparar, um a um, cada bit recebido de fato com aquele que era esperado. Se na comparação os bits forem iguais, ele não faz nada, se forem diferentes é sinal que algo inesperado aconteceu com o bit ao longo do percurso (link), o que ocasionou um “erro de bit”, sendo então incrementado o contador de bits errados, justamente o numerador da fração na fórmula utilizada para o cálculo da BER.

Existem muitos padrões de bits utilizados pelos Analisadores de Comunicação Digital. De modo geral eles podem ser divididos em duas categorias: padrões FIXOS e padrões PSEUDO-ALEATÓRIOS.

A. PADRÕES FIXOS

São aqueles que repetem indefinidamente uma palavra de 8 ou 16 bits, definida pelo usuário do equipamento. Alguns exemplos:

Padrão Marca: 11111111 11111111 11111111...

Padrão Espaço: 00000000 00000000 00000000...

Padrão Alternado: 01010101 01010101 01010101...

Padrão Alternado Duplo: 00110011 00110011 00110011...

Alguns test-sets permitem também que os usuários criem seus próprios padrões, chamados de padrões USER. Por exemplo, eu poderia criar o seguinte padrão e utilizá-lo como padrão de teste no meu equipamento:

Padrão USER: 00001111 00001111 00001111...

B. PADRÕES PSEUDO-ALEATÓRIOS

O nome é complicado, mas o conceito é simples. Este tipo de padrão é formado pelo envio contínuo de todas as combinações de um determinado número de bits. Vamos a um exemplo simples para facilitar o entendimento: qual o total de combinações possíveis com 3 bits? Matematicamente se calcula esse total pela fórmula 2^n o número de bits que se pretende utilizar. Então voltando ao nosso exemplo, teremos $3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$, ou seja, teremos 8 combinações possíveis com 3 bits.

São elas: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111

Caso um test-set fosse utilizar como padrão de teste essa sequência de bits, ele enviaria continuamente:

001 010 011 100 101 110 111 001 010 011 100 101 110 111...

Notem que não utilizamos a combinação 000, que por definição sempre ficará de fora das sequências pseudo-aleatórias. Este mesmo raciocínio pode ser estendido para qualquer número de bits. Por exemplo, com 6 bits teríamos 26 porém retirando a combinação de zeros restariam 63 combinações a serem enviadas:

000001 000010 000011 000100 000101..... 111101 111110 111111

Portanto esta sequência é conhecida como PRBS-63, ou seja, Pseudo Random Bit Sequence (sequência de bits pseudo-aleatória) com 63 combinações. Um dos padrões de teste mais utilizados em telecomunicações é conhecido como a sequência 215, onde $n = 64$ combinações, $- 1$. Esta sequência envia continuamente $2^{15} - 1 = 32767$ combinações de 15 bits, iniciando com 000000000000001 e finalizando com 111111111111111 para então reiniciar tudo novamente.

Quanto maior o número de bits, mais tempo leva pra sequência ser repetida e mais aleatória ela fica. Existem equipamentos com PRBS de 31 bits, ou seja, significa que ela inicia com 00000000000000000000000000000000 e finaliza com 11111111111111111111111111111111, enviando um total de 2147483647 (2 bilhões 147 milhões 483 mil 647) combinações de 31 bits.

4. INICIANDO UM TESTE DE BER

Uma vez definido o padrão de bits que será usado no teste do link, os técnicos das duas pontas (TX e RX) devem configurar seus respectivos equipamentos com esse padrão, além de outros parâmetros como tempo de duração do teste, a interface de teste, o relógio (clock) de transmissão e outros, conforme o equipamento.

Detalharemos os parâmetros dessa configuração em outro artigo. A figura abaixo ilustra como são interligados os equipamentos em um teste de BER. O modelo de Analisador de Comunicação Digital é o TSW200E1, que possui todas as características citadas neste documento. Para maiores detalhes sobre o mesmo, favor consultar o manual do equipamento no site do fabricante: www.wi.com.br.

