

Dr. Paulo S. Marin, EE, MSc.
Engenheiro Eletricista
Doutor em Interferência Eletromagnética
Mestre em Propagação de Sinais
Coordenador Normas ABNT e ANSI (Brasil e USA)
www.paulomarin.com

PauloMarin
consultoria

Atualização de Normas: Categoria 6A, TSB-155 e TIA-568C

Dr. Paulo S. Marin, EE, MSc.
Engenheiro Eletricista

Especialista em Infraestrutura de TI
www.paulomarin.com

Resumo

Há pouco mais de três anos o subcomitê TR-42.7 da TIA (*Telecommunications Industry Association*) começou a trabalhar no desenvolvimento do que será a nova norma ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10 que tem como objetivo especificar os requisitos e recomendações para um sistema de cabeamento balanceado de 100 ohms, 4 pares, Categoria 6 Aumentada, bem como cabos, patch cords e hardware de conexão para suportar a operação de aplicações de alta velocidade tal como a IEEE 802.3an - 10GBASE-T em um canal de cobre, de 100 metros. O cabeamento, cabos, patch cords, bem como todo hardware de conexão Categoria 6 Aumentada deve atender ou exceder a todos os requisitos da ANSI/TIA/EIA-568-B.1, ANSI/TIA/EIA-568-B.2 e ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1. Este padrão não requer compatibilidade com outros sistemas de cabeamento estruturado, cabos ou componentes com impedância característica nominal diferente de 100 ohms. Esta norma encontra-se em seu *draft* (proposta) de número sete (Draft 7.0), publicado em 20/Abril/2007 como SP-3-4426-AD10-D que será publicado como norma, cujo código será ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10 (Especificações de desempenho de transmissão para cabeamento Categoria 6 Aumentada de 100 Ω , 4 pares).

A nova categoria de desempenho que deveria estar concluída e publicada como norma até o final de 2006 ou início de 2007, encontra-se ainda em desenvolvimento. A razão pela qual a Categoria 6A não foi ainda publicada está nos procedimentos de testes de campo para alien crosstalk em sistemas UTP (*Unshielded Twisted Pair*), que não estão ainda bem definidos. Na verdade este é o grande problema da Categoria 6A implementada em cabos de pares balanceados sem blindagem.

Enquanto a Categoria 6 Aumentada (500 MHz) não está pronta, fabricantes, comitês de normalização e usuários avaliam alternativas para garantir o desempenho da aplicação 10GBASE-T (10 Gigabit Ethernet) em sistemas de cabeamento em cobre UTP, Categoria 6 (250 MHz), atualmente instalados e em uso. Neste sentido, a TIA publicou um TSB (*Telecommunications Systems Bulletin*), o TSB-155 que apresenta diretrizes para a avaliação de sistemas de cabeamento Categoria 6 UTP atualmente instalados quanto a possibilidade de suporte a aplicação 10GBASE-T. Este TSB não substitui a norma em desenvolvimento da Categoria 6A e tampouco atualiza ou modifica a Categoria 6 publicada em junho de 2002 ('EIA-568-B.2-1). É importante explicar que a Categoria 6 Aumentada quando implementada em cabos blindados F/UTP (*Foil/Unshielded Twisted Pair*) não oferece qualquer problema ou dificuldades adicionais quanto aos testes de campo para Alien Crosstalk, parâmetro sem importância em sistemas blindados.

Outra discussão bastante comum atualmente é a revisão e atualização do conjunto de normas americanas 'TIA-568-B (constituída por suas partes B-1, B-2 e B-3, bem como demais adendos). A ANSI-EIA-TIA-568-C, em desenvolvimento, substituirá a atual 'EIA-568-B. No entanto seu escopo e publicação não estão bem definidos ainda.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma visão geral do estado das normas em desenvolvimento, suas características, pontos importantes, previsão de conclusão e publicação, bem como esclarecer algumas dúvidas comuns de usuários e instaladores a respeito da aparente confusão que a Categoria 6 Aumentada está causando no mercado, bem como eliminar mitos e conceitos mal definidos a respeito dos sistemas de cabeamento de alto desempenho que têm como principal objetivo garantir a implementação de 10 Gigabit Ethernet sobre cobre (10GBASE-T).

1. Introdução aos Sistemas de Comunicação

O propósito de um sistema de comunicação é a transmissão de uma informação de uma fonte (circuito transmissor) para um usuário (circuito receptor). A forma de onda exata no receptor é desconhecida até que ela seja recebida pelo mesmo, ou seja, a transmissão de uma informação implica a comunicação de mensagens que não são conhecidas, *a priori*, pelo receptor. Em termos de energia ou potência do sistema é sabido, *a priori*, qual será a forma de onda recebida e a energia dada pelo sinal recebido é a quantidade desejada.

O ruído limita o desempenho de um sistema de comunicação. Não fosse o ruído, não teríamos de nos preocupar com distâncias entre dois pontos, muitos filtros não seriam necessários, não utilizaríamos repetidores, enfim, poderíamos transmitir mensagens, eletronicamente, pelos limites do universo usando uma quantidade de potência infinitamente pequena.

Isso é óbvio, intuitivamente, desde o princípio das comunicações por rádio. No entanto, a teoria que descreve o ruído e o efeito do ruído sobre a transmissão de informações foi desenvolvida no início dos anos 40 por *North, Rice, Shannon e Wiener*.

Um sistema de comunicação genérico pode ser representado pelo diagrama de blocos da figura 1. Independentemente da aplicação, todo sistema de comunicação envolve três sistemas principais: transmissão, canal e recepção.

A informação da fonte é representada pelo sinal de entrada $f(t)$. A mensagem entregue ao usuário é representada pelo sinal de saída $u(t)$. Note, então, que $u(t)$ é diferente de $f(t)$. A informação recebida é “diferente” da informação transmitida devido aos efeitos do canal.

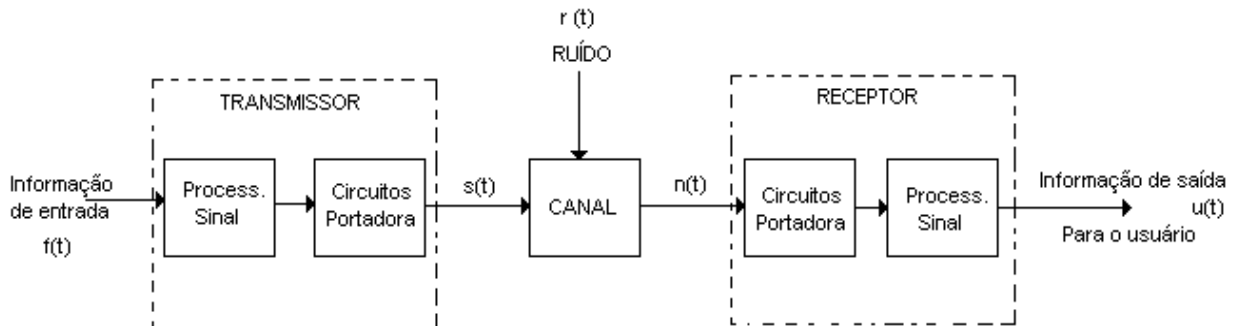


Figura 1 - Diagrama de blocos de um sistema de comunicação genérico

Uma informação pode ser em forma de sinal analógico ou digital, dependendo do sistema em particular e pode ser, basicamente áudio, vídeo (imagem) ou dados. Em sistemas multiplexados pode haver múltiplas fontes de entrada e saída. Os espectros de $n(t)$ e $u(t)$ são concentrados em torno de $f=0$ (f é a frequência do sinal); conseqüentemente, eles são ditos sinais *banda base*.

O bloco de processamento de sinal no transmissor condiciona a fonte para uma transmissão mais eficiente. Por exemplo, em sistemas digitais, o processador pode ser um microcomputador que reduz a redundância da fonte. Isso pode prover também a codificação do canal de modo que a detecção e correção de erro possam ser usados na unidade de processamento de sinal do receptor para reduzir os erros causados pelo ruído no canal. Em um sistema de comunicação analógico, o processador de sinal pode ser constituído, apenas, por um filtro passa-baixa. Em um sistema híbrido o processador de sinal pode fazer amostragens de um sinal analógico de entrada e digitalizá-lo no formato PCM (*Pulse Code Modulation*) para que o mesmo possa ser transmitido pelo sistema. O sinal de saída da etapa processadora de sinal do transmissor será também um sinal banda base desde que tenha frequências concentradas em torno de $f=0$. Os canais podem ser constituídos, também, por mais de um caminho entre a entrada e a saída com diferentes atrasos de propagação e características de atenuação. Pior que isso, estas características podem variar com o tempo. Esta variação produz o desvanecimento (*fading*) do sinal na saída do canal.

O receptor “toma” o sinal corrompido e o converte em um sinal *banda base* que pode ser processado por um receptor *banda base*. O processador *banda base* “limpa” este sinal e entrega uma estimativa do sinal de informação fonte $f(t)$ à saída do sistema de comunicação. Quanto maior o valor de SNR, melhor o desempenho do sistema; pois, é claro que a quantidade de sinal recebido deve ser maior que a quantidade de ruído. A manutenção de uma SNR adequada e dentro dos limites estabelecidos por aplicações como a 10GBASE-T é o principal desafio dos fabricantes de sistemas de cabeamento estruturado e dos comitês de normalização técnica.

1.1 Interferência em Sistemas de Cabeamento

O grau de interferência em cabos depende de alguns fatores como projeto, construção e características dos mesmos, bem como de sua interação com outros elementos do sistema (conectores, equipamentos terminais, outros cabos, blindagem, etc.), além de certos parâmetros do sistema e propriedades do ambiente.

O cabeamento de telecomunicações é um importante contribuinte para a interferência eletromagnética em redes de comunicação de dados. Este cabeamento pode ser constituído por cabos blindados ou não blindados. É no tipo de cabo de interconexão entre sistemas que estamos, particularmente, interessados neste estudo. Há uma variedade de fatores que limitam o desempenho de transmissão de sinais digitais associados aos cabos, que devem ser considerados no projeto e utilização destes, que são:

- atenuação;
- ruído, que pode ser, basicamente, de quatro tipos:
 - ruído diferencial (característico do circuito);
 - ruído longitudinal (por interferência devida a cabos de alimentação elétrica);
 - ruído impulso;
 - diafonia (*crosstalk*);
- distorções por atraso de propagação;
- *jitter* e *wander*.

Os fatores listados acima não são os únicos limitativos de desempenho de sistemas de transmissão digital. Estes são apenas os fatores que podem ser atribuídos diretamente ao canal. Talvez o fator mais importante associado ao desempenho de sistemas de comunicação de dados e voz, entre os listados anteriormente, seja o ruído (incluindo a diafonia), seguido pelas

distorções por atraso de propagação, pelo *jitter* e *wander*. Certamente, no que diz respeito a interferência entre cabos em sistemas de telecomunicações, o ruído e a diafonia são os fatores mais importantes.

Genericamente qualquer interferência em um canal de telecomunicações é considerada ruído, independentemente de sua origem e tipo. O ruído pode acarretar erros pela introdução de *jitter* em circuitos de extração de clock e pode levar o circuito receptor a interpretá-lo, erroneamente, como um pulso válido. O efeito do ruído aumenta com o comprimento do canal de transmissão, aumento da frequência de operação das aplicações, bem como pela presença e quantidade de repetidores ao longo do mesmo. Quanto maior o número de repetidores, mais importantes serão os efeitos devidos ao *jitter* e *wander*. Os canais digitais constituídos por cabos de pares trançados são limitados pelo ruído, em particular, pela diafonia, na etapa de detecção de pulsos e decisão¹ no circuito receptor.

Nos sistemas de cabeamento estruturado em estudo, os efeitos devidos ao *jitter* e *wander* são minimizados por não haver repetidores regenerativos conectados em série ao longo do canal, cujo comprimento máximo é limitado em 100 metros. O ruído presente nos circuitos de detecção/decisão na etapa receptora pode ser de origem interna ao sistema ou devido a fontes externas. O ruído gerado pela fonte de alimentação do circuito, bem como o ruído térmico, mesmo sendo os principais tipos de ruído interno, podem ser desprezados quando comparados àqueles gerados por fontes externas ao sistema. A introdução de ruído devido a fontes externas em um canal de um sistema de cabeamento estruturado ocorre por meio de mecanismos de acoplamento condutivo, indutivo e capacitivo.

Os efeitos destes tipos de acoplamento entre circuitos (ou canais) podem ser considerados isoladamente ou em conjunto, dependendo do caso, para a análise e solução de problemas de interferência em sistemas de cabeamento estruturado. A diafonia, por exemplo, é introduzida no canal pelo acoplamento capacitivo e indutivo entre pares diferentes do mesmo cabo ou entre pares de cabos diferentes (neste caso, o efeito deste tipo de acoplamento é conhecido como alien crosstalk). As interferências de alien crosstalk são de fundamental importância para a implementação com garantia de desempenho da aplicação 10GBASE-T.

O ruído predominante, em baixas frequências, geralmente da ordem de dezenas de quilohertz, ocorre por indução elétrica devida a cabos de alimentação nas proximidades do sistema de telecomunicações interferido. Enquanto a potência da frequência fundamental, bem como as potências de todas as harmônicas significativas são demasiadamente baixas para interferir sobre o sinal digital presente no canal, os níveis de tensão envolvidos são suficientemente altos para causar defeitos e/ou danos aos equipamentos ativos (switches, roteadores, estações de trabalho, centrais de PABX, etc.) do sistema (rede).

Já em frequências mais altas utilizadas nos canais digitais (da ordem de dezenas a centenas de megahertz), a blindagem dos cabos (no caso dos cabos blindados), bem como os circuitos de desacoplamento de ruído externo e diafonia existentes nos equipamentos ativos da rede, isolam, eficientemente, os pares dos cabos da interferência externa, incluindo a maior parte das harmônicas provenientes dos sistemas de alimentação elétrica. Nestas frequências, portanto, o efeito do acoplamento capacitivo e indutivo na forma de diafonia entre pares do mesmo cabo atua como fonte de interferência predominante no sistema.

¹ O termo decisão refere-se à discriminação do valor lógico (0 ou 1) do pulso recebido pelo circuito receptor. Este termo vem da tradução direta do inglês (*detection/decision*) comumente encontrado em literatura técnica de telecomunicações.

O acoplamento condutivo é mais um problema de manutenção do que operacional. Não há caminhos intencionais para interferência por este tipo de acoplamento em sistemas de cabeamento estruturado. Porém, o ruído pode ser conduzido para dentro do canal (cabo UTP) por meio de falhas de isolamento elétrica (ou por isolamento insuficiente), bem como por problemas relativos ao aterramento dos equipamentos ativos da rede e dos circuitos de alimentação.

1.2 A Diafonia (Crosstalk)

A diafonia ocorre devido aos mecanismos de acoplamento indutivo e capacitivo e é o maior fator limitativo de desempenho em sistemas de comunicação digital que utilizam o cabo de pares trançados como meio de transmissão. A diafonia entre dois pares em um cabo balanceado depende de vários fatores, entre eles, aspectos construtivos do cabo como diâmetro da seção transversal dos condutores, passo de torção, material empregado no isolante e simetria entre os pares.

O acoplamento por diafonia não pode ser eliminado, mas pode ser reduzido por:

- uso de terminações balanceadas;
- trançamento dos pares com diferentes passos de torção dentro do mesmo cabo;
- fabricação do cabo mantendo-se o desequilíbrio capacitivo entre pares em valores mínimos;
- uso de cabos blindados;
- práticas de instalação baseadas em normas específicas.

Uma preocupação especial é dispensada aos efeitos da diafonia, bem como seu controle em sistemas de cabeamento estruturado. A diafonia pode apresentar-se sob duas formas distintas, a paradiafonia (NEXT-*Near End Crosstalk*) e a telediafonia (FEXT-*Far End Crosstalk*). A diafonia medida no canal interferido, na mesma extremidade do circuito interferente onde se encontra a fonte de ruído denomina-se paradiafonia ou NEXT. Da mesma forma, a diafonia medida no canal interferido, na extremidade oposta àquela onde se encontra a fonte de ruído no canal interferente, denomina-se telediafonia ou FEXT.

Por definição, a diafonia é a relação entre as potências P_2 do sinal induzido no circuito interferido e a potência P_1 do sinal interferente. Quando expresso em dB, o acoplamento por diafonia é:

$$D = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)} \quad [1.2.1]$$

Quando as impedâncias características de ambos os circuitos (interferente e interferido) são iguais, a relação entre potências pode ser substituída pela relação entre correntes ou tensões, e a diafonia, em dB, torna-se

$$D = 20 \log \frac{V_2}{V_1} = 20 \log \frac{I_2}{I_1} \text{ (dB)} \quad [1.2.2]$$

Uma aproximação interessante para o cálculo das relações entre correntes e tensões de diafonia foi desenvolvida por Campbell. A Fórmula de Campbell, como é conhecida, foi inicialmente desenvolvida para elementos eletricamente curtos de pares de condutores paralelos de comprimentos iguais terminados com cargas cujos valores de suas impedâncias características são os mesmos. Esta fórmula, inicialmente

desenvolvida para ser aplicada a condutores abertos, foi também adaptada para estudos de cabos. Na figura 2 encontra-se representado o arranjo elétrico para dedução da Fórmula de Campbell.

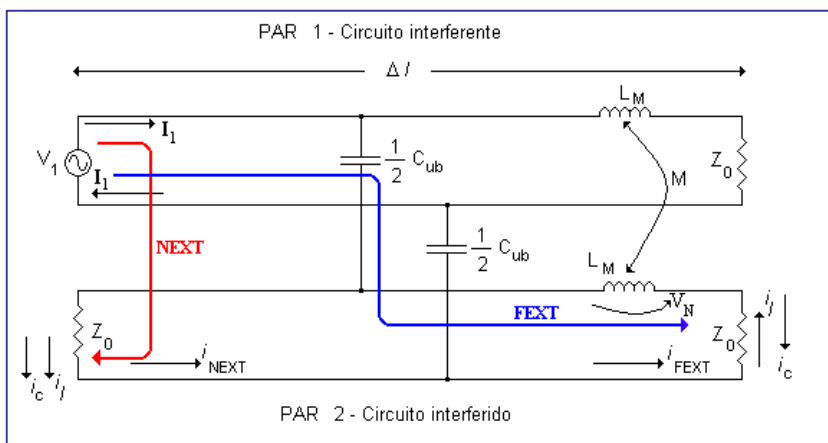


Figura 2 – Mecanismos de acoplamento por diafonia em cabos UTP

A fonte de tensão V_1 produz uma corrente $2i_c$ por meio do desequilíbrio capacitivo C_{ub} (PAR-PAR) e uma corrente i_c flui para ambas as extremidades do circuito 2. A corrente I_1 induz uma tensão no circuito 2 devido a indutância mútua L_M e uma corrente de *loop* i_l flui no circuito 2 (note o sentido da corrente i_l em ambas as extremidades deste), e pode ser expressa como:

$$i_l = \frac{V_N}{2Z_0} \quad [1.2.3]$$

Sendo V_N , a tensão de ruído induzida no circuito interferido devida a corrente I_1 no circuito interferente, definida como:

$$V_N = j\omega L_M I_1 \quad [1.2.4]$$

Assim, podemos reescrever a corrente de diafonia devida ao acoplamento indutivo no par interferido, como:

$$i_l = j \frac{\omega L_M I_1}{2Z_0} \quad [1.2.5]$$

Medindo-se o sinal no início do par interferido (tomando-se como referência a extremidade na qual é aplicado o sinal interferente, V_1 que é a paradiáfonia, nota-se que os sentidos das correntes devidas aos acoplamentos indutivo e capacitivo coincidem. No caso da medição da telediafonia (na extremidade final do par interferido) os sentidos destas correntes são opostos. Na realidade, as fases de i_c e i_l podem ser

opostas ou não. Isso mostra que se os efeitos do acoplamento indutivo são adicionados àqueles do capacitivo no caso da diafonia, eles são subtraídos para a telediafonia e vice-versa.

Assim, as correntes de diafonia i_c e i_l tendem a se adicionar na extremidade próxima a fonte de tensão V_1 (NEXT – *Near End Crosstalk*) e a se subtrair na extremidade oposta àquela da fonte V_1 (FEXT – *Far End Crosstalk*), no circuito 2.

A fórmula de Campbell pode ser escrita, então, da seguinte forma

$$\frac{I_2}{I_1} = \left[\frac{j\omega C_{ub} Z_0}{8} \pm \frac{j\omega L_M}{2Z_0} \right] \quad [1.2.6]$$

onde,

$$\omega = 2\pi f ;$$

f é a frequência (Hz)

C_{ub} é o desequilíbrio capacitivo PAR-PAR;

L_M é a indutância mútua (H);

Z_0 é a impedância característica dos condutores (Ω).

Devido a este comportamento não é possível obter-se o mesmo nível de desempenho para paradiafonia e telediafonia em sistemas de cabeamento estruturado. A melhor estratégia para aproximar os níveis de desempenho do sistema para ambos os tipos de diafonia é por meio da obtenção das melhores possíveis características de acoplamento indutivo na etapa de fabricação dos cabos balanceados, bem como do hardware de conexão, uma vez que o acoplamento capacitivo é mais bem comportado e atende facilmente às especificações dos padrões aplicáveis. Outro fator responsável pelos diferentes níveis de desempenho para a paradiafonia e telediafonia em sistemas de cabeamento estruturado é a natureza da telediafonia, ou seja, a adição de diafonia ao longo do comprimento do segmento de cabo considerado. Para a paradiafonia, a dependência do comprimento é desprezível.

1.2 Metodologias de Testes de Diafonia

Há, basicamente, duas metodologias de teste de paradiafonia e telediafonia requeridas por normas aplicáveis a sistemas de cabeamento estruturado; os testes de paradiafonia e telediafonia par a par e os testes denominados powersum (PS-NEXT e PS-FEXT). No primeiro caso, todas as seis possíveis combinações de NEXT e FEXT entre os quatro pares do cabo UTP são medidas.

Para isso, o equipamento de teste aplica um sinal conhecido em um dado par e mede sua interferência no par adjacente para cada uma das combinações. A figura 3 apresenta este tipo de teste de NEXT e FEXT.

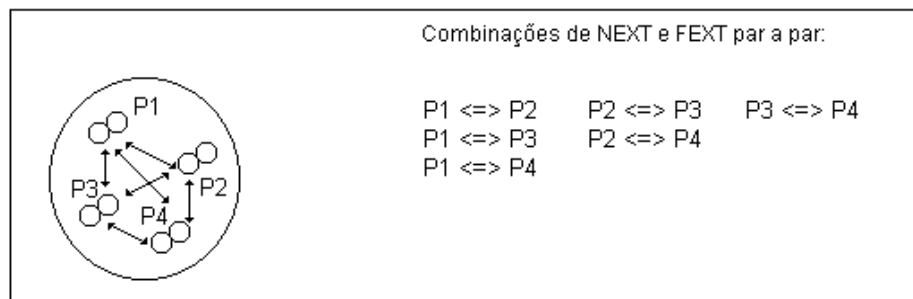


Figura 3 – Testes de NEXT e FEXT par a par

Esta metodologia de testes de NEXT e FEXT foi a primeira a ser estabelecida para a certificação de sistemas de cabeamento estruturado Categoria 5. Devido às aplicações de dados disponíveis não utilizarem mais de dois pares do cabo (um para transmissão e outro para recepção) nestes sistemas, esta metodologia era suficiente para o teste e devida aceitação ou rejeição do cabeamento instalado.

Devido às características das aplicações Ethernet de altas taxas de transmissão, os comitês normativos passaram a recomendar a metodologia de powersum NEXT e powersum FEXT (PS-NEXT e PS-FEXT) para a certificação de sistemas de cabeamento de alto nível de desempenho. Para a medição do PS-NEXT e PS-FEXT considera-se o efeito de sinais aplicados em três pares do cabo sobre o quarto, ou seja, a somatória de interferências provenientes de cada um dos três pares sobre o quarto; daí a denominação powersum. O número total de combinações neste caso é quatro. Na figura encontra-se representada esta metodologia de teste.

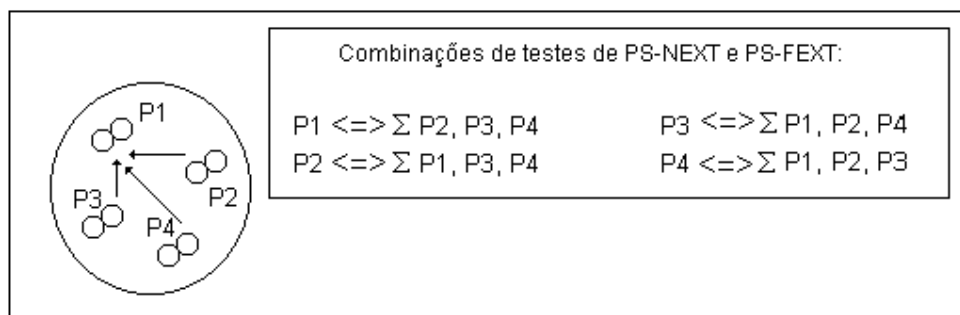


Figura 3 – Testes de powersum NEXT e powersum FEXT

Vale observar aqui, que os equipamentos de testes disponíveis no mercado não fazem a medição do PS-NEXT e PS-FEXT aplicando sinais digitais em três pares do cabo e medindo o efeito resultante sobre o quarto. Na verdade, o PS-NEXT e o PS-FEXT são calculados com base nos valores obtidos nas medições de NEXT e FEXT par a par, por um algoritmo aprovado pelos órgãos normativos.

1.3 O Alien Crosstalk

Normalmente, os segmentos de cabos UTP em uma instalação de cabeamento estruturado são carregados juntos ao longo de um encaminhamento ou parte dele. Da mesma forma, no cross-connect horizontal ou distribuidor de piso, os mesmos são organizados em feixes compostos por grupos de cabos balanceados presos por abraçadeiras ou outro tipo de amarração. Quando usados cabos sem blindagem, a efeito de alien crosstalk apresenta-se como a interferência entre sinais que se propagam por pares de cabos adjacentes. As figuras 4 e 5 apresentam este efeito.

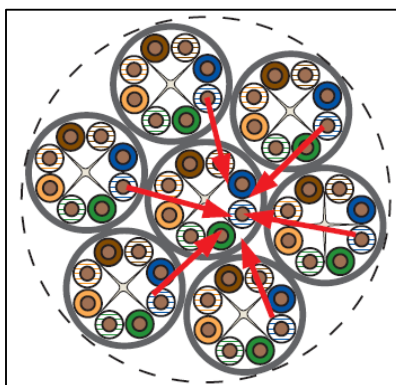


Figura 4 – Alien crosstalk em feixes de cabos UTP

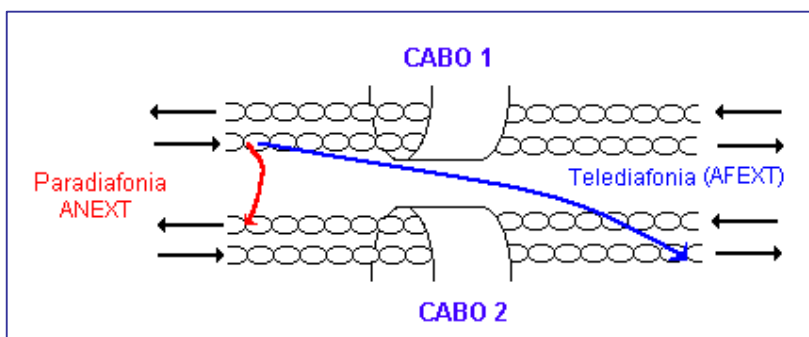


Figura 5 – Alien crosstalk

O efeito do *Alien Crosstalk*, bem como seu controle tornam-se mais importantes em sistemas de cabeamento estruturado devido às aplicações Gigabit Ethernet e 10 Gigabit Ethernet, pois, estas aplicações utilizam todos os pares do cabo UTP o que aumenta, potencialmente, o nível de interferência por diafonia entre pares de diferentes cabos no sistema. As normas aplicáveis (americanas e internacional) definem ainda, o powersum alien crosstalk (ANEXT e AFEXT), bem como seus limites. A figura 6 ilustra o powersum alien crosstalk.

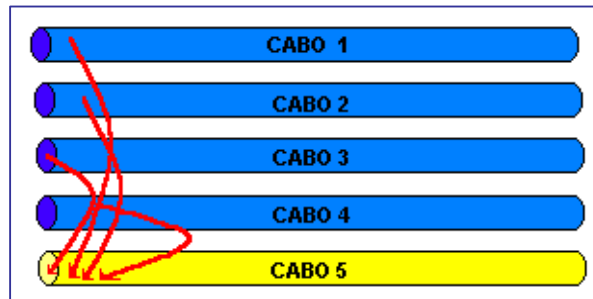


Figura 6 – Powersum alien crosstalk entre cabos UTP adjacentes

O controle do alien crosstalk em sistemas de cabeamento estruturado é importante, também, devido aos equipamentos ativos de redes de dados, em geral, não serem capazes de compensar o ruído externo proveniente dos cabos sob certas condições e limites bem específicos. Assim, é de fundamental importância que os efeitos de cabos adjacentes sejam minimizados nestes sistemas.

2. Transmissão balanceada

A razão técnica para a especificação de um sistema de cabeamento em pares trançados balanceados para a transmissão de dados está relacionada aos tipos de sinais presentes nos vários sistemas de telecomunicações presentes em edifícios comerciais. Os sinais elétricos se propagam tanto em modo comum como em modo diferencial (balanceado). A transmissão ou propagação em modo comum descreve um esquema de transmissão entre dois condutores em que a tensão (sinal) se propaga por um dos condutores, sendo o outro conectado à terra, para referência. Sistemas de transmissão e controle em corrente contínua (cc), TV, controle de sistemas de acesso e ar condicionado, dispositivos de segurança, entre outros são exemplos de sistemas que operam em modo comum. O ruído eletromagnético induzido em um canal de transmissão a partir de circuitos interferentes tais como motores, transformadores, lâmpadas fluorescentes e fontes de RF (rádio-frequência), também se propaga em modo comum. Praticamente todos os sinais empregados em sistemas de transmissão e controle em edifícios comerciais se propagam em modo comum, com exceção dos sistemas de transmissão de dados que se propagam em modo diferencial e requerem cabos de pares trançados balanceados como meio físico. A transmissão em modo diferencial se refere a sinais que se propagam por meio de dois condutores de um mesmo circuito (par) que apresentam as mesmas amplitudes porém com uma diferença de fase de 180°. Em um circuito balanceado, os dois sinais são transmitidos um com relação ao outro; em outras palavras a terra (ou plano de terra) não é usado como referência. Circuitos balanceados não requerem uma conexão ao sistema de terra e são, portanto, imunes à maioria das fontes de interferência de modo comum.

Teoricamente, o ruído é acoplado igualmente nos dois condutores de um circuito balanceado. Os transceivers que operam em modo diferencial são capazes de detectar a diferença na amplitude pico-a-pico entre os sinais recebidos por um canal balanceado pela operação de subtração entre os níveis de sinais recebidos. Assim, em um sistema com balanceamento otimizado, o ruído de modo comum acoplado estará presente em ambos os condutores com amplitudes similares que serão subtraídos pelo transceiver, resultando um esquema de rejeição de ruído de modo comum bastante eficiente. A figura 7 apresenta de que forma este balanceamento, bem como rejeição ao ruído de modo comum é obtido.

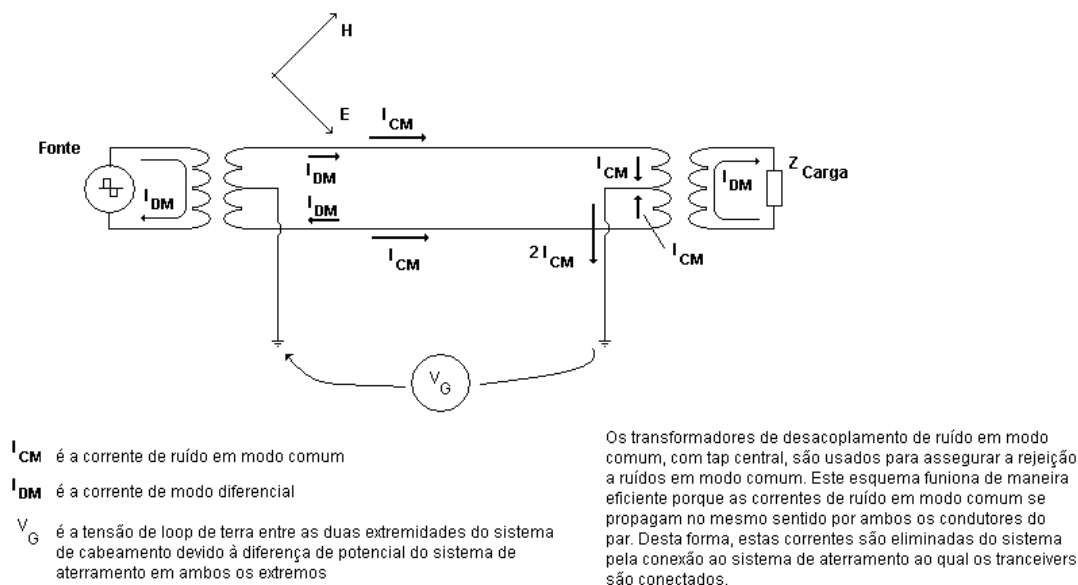


Figura 7 – Esquema de rejeição de ruído em modo comum empregado nos transceivers presentes nos equipamentos ativos de redes Ethernet

No mundo real, entretanto, os cabos de pares trançados não são perfeitamente balanceados e suas limitações devem ser entendidas por aqueles que desenvolvem as aplicações que serão implementadas sobre este tipo de meio físico. Os comitês de normalização TIA, ISO/IEC, ABNT/COBEI entre outros têm sido bastante cuidadosos em especificar parâmetros de balanceamento tais como TCL (Perda de Conversão Transversal), TCTL (Perda de Transferência de Conversão Transversal) e ELTCTL (Perda de Transferência de Conversão Transversal de Nível Equalizado) em suas normas para categorias de desempenho de alta frequência, como a Categoria 6, a Categoria 6 Aumentada e outras.

Quando examinamos os limites de desempenho destes parâmetros, notamos que quando se aproximam da tolerância quanto à isolamento elétrica a ruídos requerida pelas várias aplicações Ethernet, torna-se claro que a largura de banda operacional definida pelos níveis aceitáveis de imunidade a ruído de modo comum devido ao balanceamento é de aproximadamente 30 MHz. Mesmo considerando que isso seja suficiente para garantir a imunidade a ruídos requerida pelas aplicações 100BASE-T (Fast Ethernet) e 1000BASE-T (Gigabit Ethernet), a capacidade Shannon do canal demonstra que este nível de imunidade a ruídos não oferece margem mínima para que a aplicação 10GBASE-T (10 Gigabit Ethernet) possa ter seu nível mínimo de desempenho assegurado. Felizmente, o uso de blindagem melhora de forma significativa a resposta do canal a ruído, dobrando a capacidade de Shannon e aumentando substancialmente a largura de banda operacional para futuras aplicações.

Um efeito adverso de degradação de sinal para pares trançados balanceados acima de 30 MHz é a conversão modal, que ocorre quando sinais de modo diferencial se convertem em sinais de modo comum e vice-versa. A conversão modal pode afetar negativamente a imunidade de ruído de um circuito ao ruído ambiente assim como contribuir para aumentar a interferência por diafonia entre pares e cabos balanceados e deve ser minimizada sempre que possível. O uso de blindagem diminui o potencial para conversão modal por limitar o ruído acoplado em um par proveniente de fontes de interferência presentes no ambiente.

3. A Categoria 6 Aumentada

O subcomitê TR-42.7 da TIA (*Telecommunications Industry Association*) continua trabalhando no desenvolvimento do que será a nova norma ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10 que tem como objetivo especificar os requisitos e recomendações para um sistema de cabeamento balanceado de 100 ohms, 4 pares, Categoria 6 Aumentada, bem como cabos, patch cords e hardware de conexão para suportar a operação de aplicações de alta velocidade tal como a IEEE 802.3an - 10GBASE-T em um canal de cobre, de 100 metros. O cabeamento, cabos, patch cords, bem como todo hardware de conexão Categoria 6 Aumentada deve atender ou exceder a todos os requisitos da ANSI/TIA/EIA-568-B.1, ANSI/TIA/EIA-568-B.2 e ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1. Este padrão não requer compatibilidade com outros sistemas de cabeamento estruturado, cabos ou componentes com impedância característica nominal diferente de 100 ohms. Esta norma encontra-se em seu *draft* (proposta) de número sete (Draft 7.0), publicado em 20/Abril/2007 como SP-3-4426-AD10-D que será publicado como norma, cujo código será ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10 (Especificações de desempenho de transmissão para cabeamento Categoria 6 Aumentada de 100 Ω , 4 pares).

Os sistemas de cabeamento, bem como cabos e componentes de Categoria 6 Aumentada devem apresentar compatibilidade retroativa com sistemas de cabeamento de categorias 3, 5e e 6 conforme especificações das normas citadas anteriormente. Este requisito sempre deve ser atendido por novas categorias de desempenho superiores. Para a AC6, o conector modular de 8 posições (RJ45) deve ser mantido como padrão de tomada de telecomunicações (TO) na área de trabalho. Se componentes de diferentes categorias forem combinados em um enlace permanente ou canal com componentes AC6, esta combinação deve atender aos requisitos do elemento ou componente de menor categoria de desempenho presente no enlace ou canal.

As duas configurações clássicas de testes consideradas em normas anteriores continuam válidas para a AC6: Enlace Permanente (*Permanent Link*) e Canal (*Channel*). As figuras 8 e 9 mostram ambas as configurações de testes reconhecidas para AC6. É importante notar que na configuração de teste segundo o modelo canal, todos os patch cords, assim como o cordão do usuário na área de trabalho são considerados. No entanto, o modelo de enlace permanente considera apenas o cabeamento horizontal sem incluir os patch cords de equipamentos e da área de trabalho. Os testes de certificação, neste caso, devem ser executados com os adaptadores e patch cords fornecidos pelo fabricante do equipamento de teste utilizado.

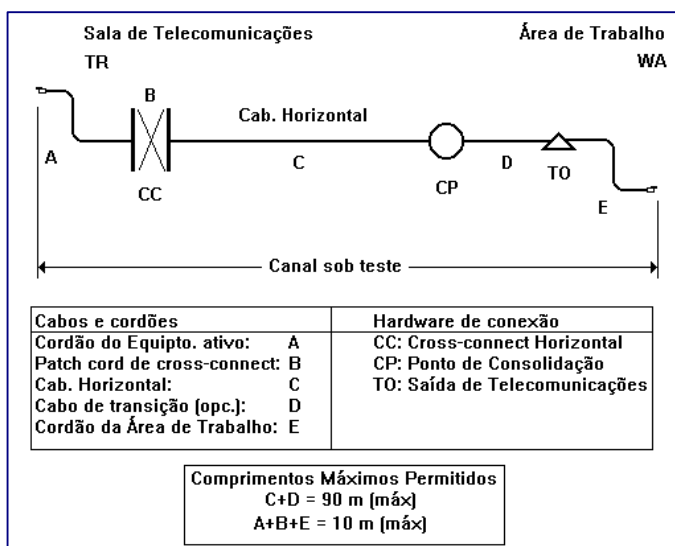


Figura 8 – Configuração de teste modelo canal

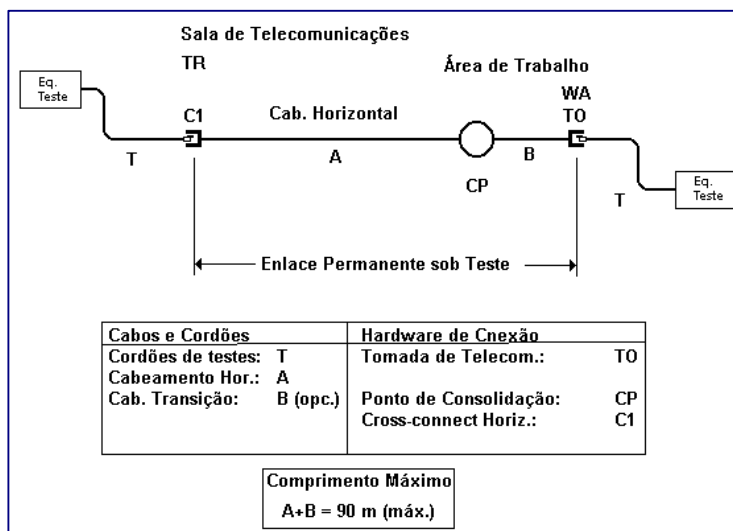


Figura 9 – Configuração de teste modelo enlace permanente

3.1 Parâmetros de Balanceamento

O balanceamento do canal de transmissão é de fundamental importância para a implementação da aplicação 10GBASE-T com sucesso em sistemas de cabeamento estruturado. Por esta razão, os comitês de normalização estão dispensando atenção especial aos parâmetros responsáveis pelo balanceamento dos cabos Categoria 6A. Estes parâmetros são descritos a seguir.

3.1.1 TCL (Perda de Conversão Transversal)

A perda de conversão transversal é a relação entre a tensão de sinal de modo comum e a tensão aplicada de sinal de modo diferencial medida na mesma extremidade de um canal. A figura 10 apresenta as tensões de modo comum e de modo diferencial em um par de um cabo balanceado.

No *Draft 7.0* da '568-B.2-10 os limites para perda de conversão transversal estão definidos para os seguintes elementos e configurações:

- Cabo,
- Hardware de conexão,
- Cabeamento: Configuração canal.

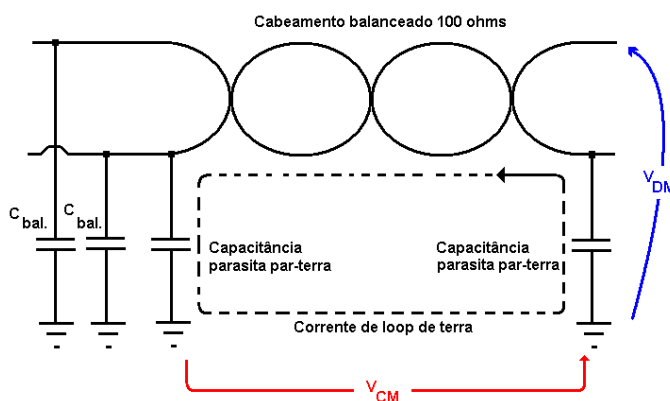


Figura 10 – Tensões de modo comum e de modo diferencial em um par balanceado

Este parâmetro serve para avaliar o nível de balanceamento de um par trançado. É importante mencionar que um balanceamento ótimo é de fundamental importância para a garantia de desempenho de aplicações de alta velocidade como a 10GABSE-T.

3.1.2 ELTCTL (Perda de Transferência de Conversão Transversal de Nível Equalizado)

A perda de transferência de conversão transversal de nível equalizado (*Equal Level Transverse Conversion Transfer Loss*) é a relação entre a tensão de sinal de modo comum e a tensão do sinal de modo diferencial (TCL) subtraída da atenuação do par em que esta relação é medida (em extremidades opostas do mesmo par). Assim, a ELTCTL de um cabo será:

$$ELTCTL_{CABO} = TCTL_{CABO} - IL_{CABO}$$

Onde:

$TCTL_{CABO}$ é a perda de transferência de conversão longitudinal do cabo, e

IL_{CABO} é a perda de inserção do cabo.

No *Draft 4.0* da '568-B.2-10 os limites para ELTCTL estão definidos para os seguintes elementos e configurações:

- Cabo,

- Hardware de conexão,
- Cabeamento: Configuração canal.

Assim como a perda de conversão transversal, a ELTCTL é um parâmetro de fundamental importância para a avaliação do grau de balanceamento de cabos de pares trançados.

3.1.3 Desequilíbrio resistivo em corrente contínua

O desequilíbrio resistivo é a diferença entre o valor da resistência em corrente contínua de cada condutor de um mesmo par. Este parâmetro pode ser também entendido como a diferença entre os valores máximo e mínimo de resistência em corrente contínua de um determinado meio de transmissão, componente ou canal, considerando que a resistência elétrica de um condutor, mesmo que uniformemente distribuída ao longo do canal, não é homogênea. Este parâmetro está diretamente associado ao grau de balanceamento de um canal ou meio de transmissão. No *Draft 7.0* da '568-B.2-10 os limites para desequilíbrio resistivo em corrente contínua não foram ainda definidos, porém este parâmetro terá seus limites definidos para os seguintes elementos e configurações:

- Cabo,
- Hardware de conexão,
- Cabeamento: Configuração canal.

3.2 Parâmetros de Alien Crosstalk

Conforme definido anteriormente, as interferências por alien crosstalk são aquelas em que sinais de diferentes pares de cabos diferentes interferem mutuamente. Assim, pode-se esperar que este efeito seja importante em cabos balanceados sem blindagem (UTP, *Unshielded Twisted Pair*). Cabos blindados não estão sujeitos a este efeito. O alien crosstalk é o principal problema que afeta sistemas de cabeamento AC6. São definidos os seguintes parâmetros de alien crosstalk no *Draft 7.0* da '568-B.2-10:

- ANEXT: Alien NEXT (Paradiafonia),
- PSANEXT: Powersum Alien NEXT (Paradiafonia),
- AFEXT: Alien FEXT (Telediafonia),
- PSAACRF: Powersum Alien ACR Far End. O PSAACRF é o cálculo do acoplamento de sinal de múltiplos pares de canais interferentes em um par interferido em outro canal medido na extremidade oposta em que se encontram os canais interferentes e relativo ao nível do sinal recebido no par interferido naquela extremidade.

No *Draft 7.0* da '568-B.2-10 os limites para os parâmetros de alien crosstalk descritos acima não estão ainda definidos para todos os elementos de um sistema de cabeamento estruturado Categoria 6 Aumentada (cabos, patch cords, hardware de conexão, etc.) e configurações (enlace permanente e canal).

3.2.1 Powersum ANEXT para Canal

O *Draft 7.0* da 'EIA-568-B2-10 apresenta um conjunto de fórmulas matemáticas para os cálculos dos limites para PS-ANEXT e PS-ANEXT (médio) para um canal AC6 de 100 m. Os cálculos que resultarem valores de PS-ANEXT superiores a 67 dB devem ser revertidos ao limite de 67 dB de acordo com a tabela 1.

| Frequência (MHz) | PS-ANEXT Loss (mínimo), dB |
|-----------------------------|---|
| 1,0 | 67,0 |
| 4,0 | 67,0 |
| 8,0 | 67,0 |
| 10,0 | 67,0 |
| 16,0 | 67,0 |
| 20,0 | 67,0 |
| 25,0 | 66,0 |
| 31,25 | 65,1 |
| 62,50 | 62,0 |
| 100,0 | 60,0 |
| 200,0 | 55,5 |
| 250,0 | 54,0 |
| 300,0 | 52,8 |
| 400,0 | 51,0 |
| 500,0 | 49,5 |

Tabela 1 – PS-ANEXT Loss para um canal AC6

Estes limites ainda não foram definidos para a configuração enlace permanente. Os valores apresentados na tabela 1 são informativos apenas.

Para o cálculo da perda de PS-ANEXT (médio) em um sistema de cabeamento Categoria 6A para a configuração canal entre 1 MHz e 500 MHz, a ‘EIA-568-B.2-10 estabelece um conjunto de fórmulas matemáticas. Os cálculos que resultarem valores de PS-ANEXT superiores a 67 dB devem ser revertidos ao limite de 67 dB de acordo com a tabela 2.

| Frequência (MHz) | PS-ANEXT Loss (médio), dB |
|-----------------------------|--|
| 1,0 | 67,0 |
| 4,0 | 67,0 |
| 8,0 | 67,0 |
| 10,0 | 67,0 |
| 16,0 | 67,0 |
| 20,0 | 67,0 |
| 25,0 | 67,0 |
| 31,25 | 67,0 |
| 62,50 | 64,3 |
| 100,0 | 62,3 |
| 200,0 | 57,7 |
| 250,0 | 56,3 |
| 300,0 | 55,1 |
| 400,0 | 53,2 |
| 500,0 | 51,8 |

Tabela 2 – PS-ANEXT Loss (médio) para um canal AC6

Estes limites ainda não foram definidos para a configuração enlace permanente. Os valores apresentados na tabela 2 são apenas informativos.

3.2.2 Powersum AACRF para Canal

Para todas as frequências entre 1 MHz e 500 MHz, o powersum alien ACRF (*Attenuation to Crosstalk Ratio at Far End*) deve ser determinado pela equação 3.2.2.1 quando medido de acordo com os procedimentos apresentados na 'EIA-568.B.2-10 para laboratório e campo.

$$PSAACRF_{canal} \geq 37 - 20 \log\left(\frac{f}{100}\right) dB \quad [3.2.2.1]$$

O PSAACRF deve ser somente informativo quando os valores do PSAFEXT loss estiverem entre aqueles determinados pela equação 3.2.2.2 e 67 dB. Cálculos que resultem valores de PSAACRF superiores a 67 dB devem ser revertidos ao requisito de 67 dB mínimo. A tabela 3 apresenta os valores recomendados para PSAACRF.

$$PSAFEXT_{canal} = 72 - 15 \log\left(\frac{f}{100}\right) dB \quad [3.2.2.2]$$

| Frequência (MHz) | PSAACRF Loss (mínimo), dB |
|------------------|---------------------------|
| 1,0 | 67,0 |
| 4,0 | 65,0 |
| 8,0 | 58,9 |
| 10,0 | 57,0 |
| 16,0 | 52,9 |
| 20,0 | 51,0 |
| 25,0 | 49,0 |
| 31,25 | 47,1 |
| 62,50 | 41,1 |
| 100,0 | 37,0 |
| 200,0 | 31,0 |
| 250,0 | 29,0 |
| 300,0 | 27,5 |
| 400,0 | 25,0 |
| 500,0 | 23,0 |

Tabela 3 – PSAACRF Loss para um canal AC6

Para todas as frequências entre 1 MHz e 500 MHz o PSAACRF médio para um canal Categoria 6 Aumentada deve apresentar valores que estejam de acordo com a equação 3.2.2.3 quando medidos de acordo com as recomendações da 'EIA-568-B.2-10 para laboratório e campo.

$$PSAACRF_{canal,médio} \geq 41 - 20 \log\left(\frac{f}{100}\right) dB \quad [3.2.2.3]$$

Os valores do PSAACRF médio devem ser somente informativos quando os valores do PSAFEXT estiverem entre os valores determinados pela equação 3.22.4 e 67 dB. Cálculos que resultarem valores de PSAACRF médio superiores a 67 dB devem ser revertidos ao requisito de 67 dB, mínimo. Os valores apresentados na tabela 4 são somente informativos (recomendados).

$$PSAFEXT_{canal} = 72 - 15 \log\left(\frac{f}{100}\right) dB \quad [3.2.2.4]$$

| Frequência (MHz) | PSAACRF Loss (médio), dB |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1,0 | 67,0 |
| 4,0 | 67,0 |
| 8,0 | 62,9 |
| 10,0 | 61,0 |
| 16,0 | 56,9 |
| 20,0 | 55,0 |
| 25,0 | 53,0 |
| 31,25 | 51,1 |
| 62,50 | 45,1 |
| 100,0 | 41,0 |
| 200,0 | 35,0 |
| 250,0 | 33,0 |
| 300,0 | 31,5 |
| 400,0 | 29,0 |
| 500,0 | 27,0 |

Tabela 4 – PSAACRF Loss (médio) para um canal AC6

Estes limites ainda não foram definidos para a configuração enlace permanente. Os valores apresentados nas tabela 3 e 4 são apenas recomendações.

Há outros parâmetros de alien crosstalk relacionados a cabos sólidos, cabos flexíveis, hardware de conexão, entre outros que não são abordados neste trabalho, porém que estão descritos no Draft 7.0 da 'EIA-568-B.2-10. Apresentei neste artigo os parâmetros PSANEXT e PSAACRF por se tratarem de dois parâmetros de alien crosstalk de suma importância para sistemas AC6 em cabos de pares balanceados sem blindagem.

4. O TSB-155

Este boletim apresenta diretrizes adicionais para suportar a aplicação IEEE 802.3an (10GBASE-T) em um sistema de cabeamento Categoria 6 (existente) de acordo com os requisitos da ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1 (especificações da Categoria 6 de desempenho). O TSB-155 caracteriza o acoplamento de diafonia entre cabos próximos de quatro pares Categoria 6, referido como alien crosstalk e estabelece diretrizes adicionais para equipamentos de testes de campo, bem como métodos de testes e redução deste tipo de interferência em sistemas de cabeamento estruturado. Este boletim apresenta diretrizes e recomendações para desempenho de transmissão para uma escala estendida de frequências para a Categoria 6 de 250 MHz a 500 MHz.

As recomendações a respeito dos parâmetros de transmissão incluídos no TSB-155 são para a avaliação de sistemas de cabeamento Categoria 6, conforme especificado na ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1 e demais adendos, até 500 MHz incluindo parâmetros adicionais necessários para suportar a aplicação 10GBASE-T. É importante enfatizar que o TSB-155 não especifica requisitos para sistemas de cabeamento ou componentes Categoria 6 além daqueles já especificados na 'EIA-568-B.2-1.

As configurações de testes reconhecidas pelo TSB-155 são as mesmas da 'EIA-568-B.2-1 e 'EIA-568-B.2-10, ou seja, enlace permanente e canal.

Em resumo, o objetivo do TSB-155 é estabelecer metodologias de testes do cabeamento instalado Categoria 6 para avaliar sua capacidade de atender aos requisitos da 10GBASE-T (10 Gigabit Ethernet). A 10GBASE-T pode operar em comprimentos de canal de até 37 metros em sistemas de cabeamento Categoria 6. Dependendo das condições de ruído ambiental e da resposta ao alien crosstalk estabelecidas no TSB-155, a aplicação 10GBASE-T pode ser implementada em um canal de até 55 m de comprimento mantendo os níveis mínimos de desempenho requeridos pela IEEE 802.3an. Para canais Categoria 6 com comprimentos superiores a 55 m, métodos de controle e eliminação do alien crosstalk devem ser considerados para que a aplicação 10GBASE-T possa ser implementada com sucesso, porém isso é quase sempre inviável devido ao efeito do alien crosstalk.

Como se já não fosse suficientemente complicado estabelecer limites para os parâmetros de alien crosstalk apresentados em 3.2, o TSB-155 apresenta suas próprias complicações para a avaliação de canais Categoria 6 atualmente instalados quanto à viabilidade de implementação da aplicação 10GBASE-T sobre eles, como mostrado a seguir.

4.1 PSANEXT Loss

O powersum alien NEXT leva em consideração a diafonia combinada (estatística) no par interferido a partir de pares interferentes próximos na mesma extremidade do canal. O PSANEXT é determinado pela soma dos valores individuais de alien NEXT par a par ao longo da escala de frequências para a Categoria 6A (1 MHz a 500 MHz), de acordo com a equação 4.1.1.

$$PSANEXT_N(f) = -10 \log \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^4 10^{\frac{-ANEXT(f)_{i,j,N}}{10}} \quad (dB) \quad [4.1.1]$$

Onde:

– $ANEXT(f)_{i,j,N}$ é o ANEXT medido de uma combinação individual de pares (1 a 4) do canal ou enlace interferente (1 a m) para cada par interferido N.

O cálculo da margem de alien crosstalk é detalhado no TSB-155 e pode ser aplicado se os limites especificados para PSANEXT nos itens 4.1.1 e 4.1.2 (a seguir) não forem atendidos. O cálculo das margens de alien crosstalk caracterizam o acoplamento de alien crosstalk entre canais pela avaliação combinada do PSAFEXT e PSANEXT.

4.1.1 PSANEXT para um Canal Categoria 6

O PSANEXT loss entre canais interferente e interferido próximos devem atender aos valores determinados pelas equações apresentadas na tabela 5 para cada par interferido.

| Frequência (MHz) | PSANEXT Loss (dB) |
|---------------------|--------------------------|
| $1 \leq f \leq 100$ | $X_1 - 10 \log(f / 100)$ |
| $100 < f \leq 500$ | $X_1 - 15 \log(f / 100)$ |

Tabela 5 – PSANEXT loss para um canal Categoria 6

Onde: f é a frequência (em MHz) e X_1 é a constante de PSANEXT em 100 MHz.

Os valores calculados para a perda de PSANEXT (PSANEXT loss) superiores a 67 dB são apenas informativos. Os valores de PSANEXT loss determinados pelas equações apresentadas na tabela 5 utilizam a constante de PSANEXT determinada pela equação [4.1.1.1]. A constante de PSANEXT e a perda de inserção em 250 MHz determinada pela equação [4.1.1.2], para canais com comprimentos de 100 m e 55 m são listados na tabela 6.

| Comprimento do canal (m) | Constante de PSANEXT (X_1) | Perda de Inserção em 250 MHz (dB) |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 100 | 62 | 35,9 |
| 55 | 47 | 20,3 |

Tabela 6 – Constantes calculadas de PSANEXT

$$PSANEXT_{cons\ tan\ te} = 62 - (Cat6_IL_250MHz - Mcat6_IL_250MHz) \cdot \frac{15}{15,6} dB \quad [4.1.1.1]$$

Onde:

- Cat6_IL_250MHz: é a perda de inserção em um canal de 100 m Categoria 6, em 250 MHz e vale 35,9 dB.

- M Cat6_IL_250MHz: é a perda de inserção medida no par interferido em 250 MHz, em um canal Cat.6.

Valores calculados da constante de PSANEXT inferiores a 33,5 dB devem ser revertidos ao valor de 33,5 dB. Para o cálculo da perda de inserção estimada de um canal com comprimento inferior a 100 m, a perda de inserção do cabo pode ser ponderada com relação a um determinado comprimento de acordo com a equação [4.1.1.2].

$$IL_{estimada, canal} = \frac{L(m)}{100} \cdot 1,05 \left(1,82\sqrt{f} + 0,0169 \cdot f + \frac{0,25}{\sqrt{f}} \right) + 4,0,02\sqrt{f} (dB) \quad [4.1.1.2]$$

Onde: $L(m)$ é o comprimento do canal, em metros.

4.1.2 PSANEXT médio para um canal Categoria 6

O PSANEXT médio é calculado pela média de valores individuais para a perda de PSANEXT em dB para todos os quatro pares do canal interferido em cada frequência de interesse como mostrado na equação [4.1.2.1].

$$PSANEXT_{m\u00e9dio}(f) = \frac{\sum_{i=1}^4 PSANEXT(f)_i}{4} \text{ (dB)} \quad [4.1.2.1]$$

Onde:

- $PSANEXT(f)_i$ é a amplitude (em dB) da perda de PSANEXT na frequência f , do par i .

A perda de PSANEXT (PSANEXT loss) para os quatro pares deve atender os valores determinados pelas fórmulas apresentadas na tabela 7.

| Frequência (MHz) | Perda de PSANEXT médio (dB) |
|---------------------|-----------------------------------|
| $1 \leq f \leq 100$ | $(X_1 + 2,25) - 10 \log(f / 100)$ |
| $100 < f \leq 500$ | $(X_1 + 2,25) - 15 \log(f / 100)$ |

Tabela 7 – Perda de PSANEXT médio para canal

Onde: f é a frequência (em MHz) e X_1 é a constante de PSANEXT em 100 m.

Os valores de PSANEXT médio determinados pelas equações apresentadas na tabela 7 utilizam a constante determinada por meio da equação [4.1.1.1]. As constantes de PSANEXT médio e de perda de inserção em 250 MHz determinada pela equação [4.1.1.2] para canais com comprimentos de 100 m e 55 m, estão listadas na tabela 8.

| Comprimento do canal (m) | Constante de PSANEXT médio ($X_1 + 2,25$) | Perda de Inserção em 250 MHz (dB) |
|--------------------------|---|-----------------------------------|
| 100 | 64,25 | 35,9 |
| 55 | 49,25 | 20,3 |

Tabela 8 – Constantes de cálculo de PSANEXT médio

O TSB-155 define limites para outros parâmetros de alien crosstalk (como o AFEXT e o PSAACRF, entre outros) porém não acredito que seja útil apresentar aqui como estes limites são calculados.

Para entender como se aplica o TSB-155, consideremos a avaliação de um determinado canal Categoria 6 quanto ao PSANEXT médio. Para isso a constante X_1 deve ser determinada levando-se em consideração o comprimento do canal, bem como sua atenuação em 250 MHz (frequência máxima de canais Cat. 6). Para um canal de 55 m, ($X_1 + 2,25$) vale 49,25 e sua atenuação 20,3 dB em 250 MHz. Com isso podemos determinar os limites de PSANEXT médio para cada frequência de interesse entre 1 e 500 MHz para um canal Categoria 6. Para as frequências críticas, estes valores seriam aqueles apresentados na tabela 9.

| Frequência (MHz) | PSANEXT Loss (médio), dB |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1,0 | 69,25 |
| 4,0 | 63,23 |
| 8,0 | 60,22 |
| 10,0 | 59,25 |
| 16,0 | 57,21 |
| 20,0 | 56,24 |
| 25,0 | 55,27 |
| 31,25 | 49,76 |
| 62,50 | 51,29 |
| 100,0 | 49,25 |
| 200,0 | 44,73 |
| 250,0 | 43,28 |
| 300,0 | 42,09 |
| 400,0 | 40,22 |
| 500,0 | 38,77 |

Tabela 9 – Limites de PSANEXT médio para um canal
Categoria 6 de acordo com o TSB-155

A tabela 9 apresenta os limites calculados de acordo com o TSB-155 para o PSANEXT médio para um canal Categoria 6 com 55 m de comprimento e cuja atenuação em 250 MHz não excede 20,3 dB. Estes limites serão usados pelo equipamento de teste de campo para determinar se o canal Categoria 6 sob teste responde dentro dos limites estabelecidos pelo TSB-155 para a aplicação 10GBASE-T; em outras palavras, estamos avaliando se o canal Categoria 6 com 55 m de comprimento sob teste se comporta como um canal Categoria 6A para este comprimento.

A existência do TSB-155 justifica-se pelo fato de que a grande maioria (aproximadamente 70%) de todos os canais de cabeamento estruturado em edifícios comerciais são inferiores a 55 m. Assim, a avaliação de sistemas de cabeamento Categoria 6 de acordo com os requisitos do TSB-155 pode assegurar que sistemas Cat. 6 atualmente instalados estão preparados ou não para a aplicação 10GBASE-T. Para canais com comprimentos superiores a 55 m, o TSB-155 não se aplica.

5. A ANSI/TIA-568-C

A terceira grande revisão da '568 (ANSI/TIA-568-C) está ainda sendo discutida pelo grupo TR-42 (*User Premises Telecommunications Cabling Infrastructure*, Infra-estrutura de Cabeamento de Telecomunicações nas Dependências do Usuário), mais precisamente pelos sub-comitês TR-42.1 (Cabeamento genérico em edifícios comerciais), TR-42-7 (Cabeamento e componentes para cobre) e TR-42.8 (Cabeamento e componentes para fibras ópticas) e não houve grandes avanços até o momento.

O leitor deve estar se perguntando o porquê de uma revisão da '568, uma vez que parece que foi ontem que publicaram a '568-B. Na verdade o primeiro documento publicado da revisão B da '568 foi em maio de 2001. De acordo com as diretrizes da ANSI, todas suas normas devem ser revisadas a cada cinco anos e cada processo de revisão dura em média dois anos.

A '568-C será uma nova norma dividida em quatro partes:

- 568-C.0: uma nova norma para redes de telecomunicações genérica nas dependências do cliente. Este será um documento dirigido ao usuário final.
- 568-C.1: será a revisão da '568-B.1, ou seja, tratará da parte que se refere ao cabeamento de telecomunicações em edifícios comerciais. Este documento também será dirigido ao usuário final.
- 568-C.2: tratará do cabeamento e componentes para cobre. Será um documento dirigido ao fabricante de sistemas de cabeamento estruturado.
- 568-C.3: tratará do cabeamento e componentes para fibra óptica. Será um documento dirigido ao fabricante de sistemas de cabeamento óptico.

Outros grupos (ou sub-comitês) estão envolvidos neste trabalho:

- TR-42.1: responsável pelas partes '568-C.0 e 568-C.1
- TR-42.7: responsável pela parte '568-C.2
- TR-42.8: responsável pela parte '568-C.3

O objetivo da '568-C.0 é oferecer diretrizes para o planejamento e instalação de uma infra-estrutura de cabeamento estruturado genérico capaz de suportar um ambiente de múltiplos fabricantes e aplicações. A '568-C.0 é a fundação para a infra-estrutura de cabeamento de telecomunicações nas dependências do usuário. Os requisitos adicionais serão detalhados em outros documentos específicos para cada tipo de ambiente. Por exemplo, a '568-C.1 apresentará os detalhes adicionais para cabeamento em edifícios comerciais. É importante destacar que a '568-C.0 reconhece vários ambientes diferentes tais como escritórios comerciais, residências e indústrias.

Uma vez que todas as normas para cada ambiente diferente são baseadas em uma arquitetura estrela com hierarquia, este documento define pontos de conexão (em vez de espaços) e enlaces da seguinte forma:

- Pontos de conexão:

- A (por exemplo Cross connect Principal – MC)
- B (por exemplo Cross-connect Intermediário – IC)
- C (por exemplo Sala de Telecomunicações – TR ou Espaço de Telecomunicações – TE).
- D (por exemplo Ponto de Consolidação - CP, Área de Trabalho – WA)

- Enlaces entre pontos de conexão:

- Nível 1, exemplo: cabeamento entre um MC e um IC ou HC
- Nível 2, exemplo: cabeamento entre um IC e um HC
- Nível 3, exemplo: cabeamento entre um HC e uma WA

A figura 11 apresenta a topologia de distribuição proposta pela '568-C.0.

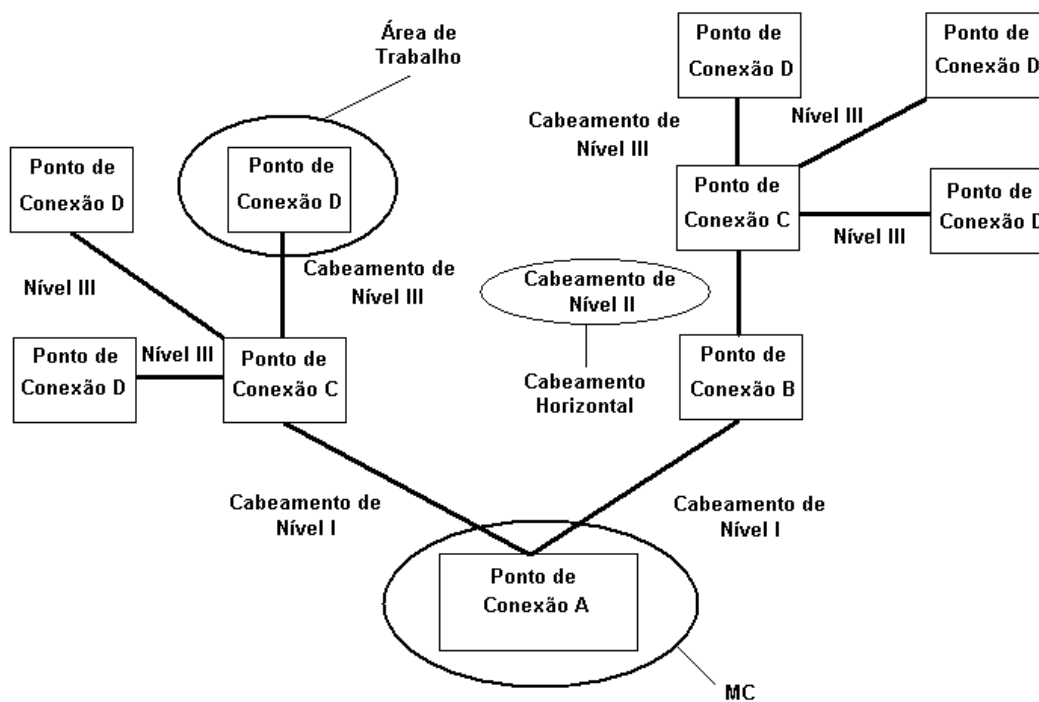


Figura 11 – Topologia de distribuição de cabeamento segundo a '568-C.0

Os meios físicos reconhecidos pela '568-C, que podem ser usados individualmente ou combinados, são os seguintes:

- cabos de fibras ópticas monomodo (ANSI/TIA-568-C.3),
- cabos de fibras ópticas multimodo (ANSI/TIA-568-C.3),
- cabos balanceados (de pares trançados) de 100 ohms (ANSI/TIA-568-C.2).

Os componentes do cabeamento devem estar em conformidade com as especificações ANSI/TIA-568-C.2 e ANSI/TIA-568-C.3.

Quanto ao comprimento máximo para cada meio físico reconhecido, a '568-C considera que os comprimentos suportados pelo cabeamento são dependentes do meio físico e da aplicação. No anexo D (informação de suporte à aplicações) estão listadas aplicações tais como:

- Sistemas ópticos
 - 1000BASE-SX
 - 10GBASE-S
- Sistemas em cobre
 - ADSL
 - 1000BASE-TX
 - CATV

- HDTV

Outro ponto em discussão é se as categorias 3 e 5e serão ainda reconhecidas pela '568-C ou não. No começo dos trabalhos considerava-se que a Categoria 5e seria descontinuada, porém até este momento isso não foi definido. Talvez esta categoria de desempenho seja ainda reconhecida, porém não recomendada para aplicações de alta velocidade no subsistema de cabeamento horizontal. A Categoria 3 deve ser mantida da mesma forma como está na '568-B, ou seja, reconhecida para aplicações de voz e de dados de baixa velocidade (10BASE-T), porém com restrições para as aplicações de dados.

A Categoria 6 Aumentada (em desenvolvimento) também não deve fazer parte da TIA-568-C. Esta nova categoria de desempenho, que se encontra no Draft 7.0 da ANSI/TIA/EIA-568-B.10 com uma largura de banda de 500 MHz para assegurar a implementação da aplicação 10 GbE sobre cobre, deve ser publicada inicialmente como um adendo da '568-C.

Aterramento e equalização de terras, redundância de encaminhamentos, requisitos de instalação para cobre e fibra, requisitos de testes de campo para verificação do desempenho de transmissão do cabeamento instalado, cabeamento centralizado óptico, polaridade do cabeamento óptico, bem como requisitos para a determinação do balanço de perda de potência óptica são também tratados na '568-C.0.

Quanto a testes de transmissão, a '568-C.0 usará o TSB-140 como referência para testes de campo do cabeamento óptico. Este TSB define as seguintes metodologias de testes para enlaces ópticos:

- OLTS (*Optical Loss Test Set*)

- O enlace óptico deve ser testado quanto à atenuação, polaridade e seu comprimento deve ser verificado

- OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*)

- O enlace óptico pode ser testado por meio de um OTDR, porém não pode ser usado em substituição ao OLTS.

- Pode ser utilizado para verificar anomalias e assegurar a uniformidade da atenuação do cabo e a perda de inserção do conector.

- Pode ser usado para certificar que o cabo óptico foi instalado de forma adequada (raios de curvatura foram observados, conexões ótimas, emendas, etc.).

Com relação à '568-C.1, que substituirá a atual '568-B.1, não há muitas novidades. Esta norma está ainda em rascunho e portanto sujeita a mudanças. Em relação à '568-B.1 as únicas mudanças são de nomenclatura (pontos de conexão em vez de espaços e enlaces entre pontos de conexões). Os subsistemas de cabeamento serão identificados por níveis, ou seja, o cabeamento horizontal será um cabeamento de nível III, o cabeamento de backbone de edifício será um cabeamento de nível II e o subsistema de cabeamento de campus será um cabeamento de nível I.

As novidades presentes no *draft* da '568-C.1 são as seguintes:

- Gabinetes de telecomunicações (adendo 5),

- Desenhos e esquemas que representam uma topologia estrela com níveis hierárquicos,

- Uso de fibras monomodo no cabeamento horizontal.

As seguintes questões ainda se encontram em debate:

- Permissão para canais horizontais ópticos com 300 m de comprimento,
- Uso de cabeamento Categoria 3,
- Uso de cabeamento Categoria 6A.

Apenas como referência (e para ilustrar a contribuição do sub-comitê TR-42.7) o número de páginas da '568-B.1 é 94, e o número de páginas da '568-C.1 é 34.

6. Conclusões

Apesar de os trabalhos terem sido iniciados em 2003, a Categoria 6 Aumentada está ainda em desenvolvimento e há muito por se definir em termos de limites para os testes de laboratório e campo para os vários parâmetros de alien crosstalk para sistemas UTP. Por outro lado, os sistemas de cabeamento AC6 blindados projetados mesmo com base em *drafts* mais antigos não sofreram quaisquer mudanças já que os parâmetros de alien crosstalk não afetam estes sistemas. A certificação de um sistema de cabeamento Categoria 6 Aumentada F/UTP (com cabos blindados) é tão simples quanto a certificação de um sistema de cabeamento Categoria 6, até 500 MHz sem os parâmetros de alien crosstalk.

Do ponto de vista de interferência e efeitos devido ao alien crosstalk os sistemas de cabeamento AC6 blindados oferecem uma resposta ótima e são mais seguros para aplicações a 10 Gb/s que sistemas UTP. No entanto, práticas apropriadas de aterramento da blindagem devem ser observadas. A figura 12 apresenta diferentes respostas para diferentes tipos de cabos para alien crosstalk.

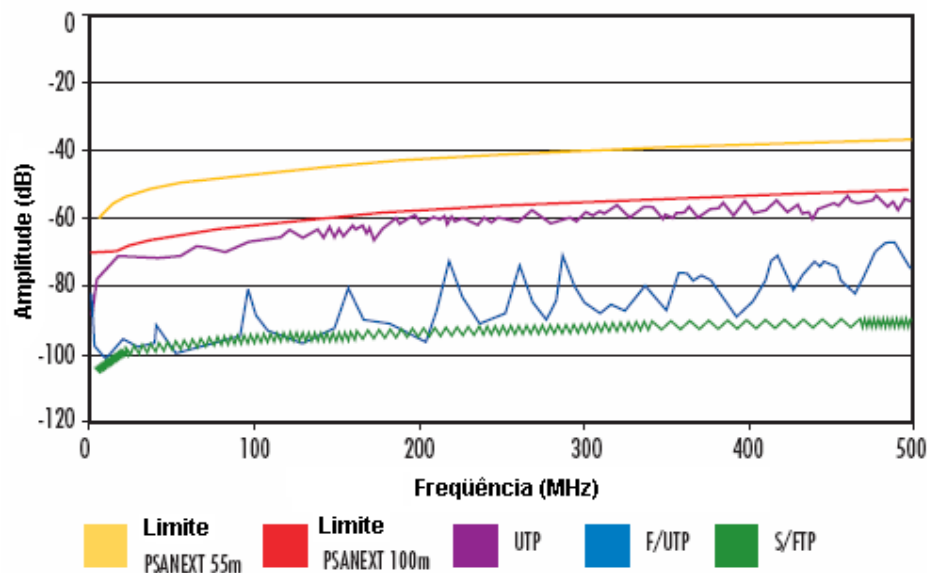


Figura 12 – Respostas para PS alien NEXT para diferentes tipos de cabos balanceados

Dr. Paulo S. Marin, EE, MSc.
Engenheiro Eletricista
Doutor em Interferência Eletromagnética
Mestre em Propagação de Sinais
Coordenador Normas ABNT e ANSI (Brasil e USA)
www.paulomarin.com

Sistemas AC6 UTP também asseguram o desempenho de aplicações 10GbE desde que projetados e fabricados de acordo com o *Draft 7.0* da '568-B.2-10, porém práticas de instalação apropriadas e mais exigentes que as atualmente empregadas para cabeamento UTP em Cat. 6 deverão ser observadas.

O TSB-155 é uma iniciativa para avaliar se os sistemas de cabeamento Categoria 6 atualmente instalados estão preparados para a implementação da aplicação 10GBASE-T. A proposta é que estes canais sejam testados de acordo com as diretrizes estabelecidas neste boletim e, caso passem nos testes de certificação de campo, estes canais em princípio não necessitariam ser substituídos por novas instalações Categoria 6A. Assim, a existência do TSB-155 justifica-se pelo fato de que a grande maioria (aproximadamente 70%) de todos os canais de cabeamento estruturado em edifícios comerciais são inferiores a 55 m.

O conjunto de normas que dará origem a nova ANSI/TIA-EIA-568-C está em desenvolvimento porém sem data para ser publicada. Assim, até que isso aconteça, os velhos sistemas de cabeamento Categoria 3 e 5e continuam sendo reconhecidos pelos padrões atuais. Novidades a respeito desta nova norma devem aparecer no começo de 2008.

Dr. Paulo S. Marin, EE, MSc.
Engenheiro Eletricista
Doutor em Interferência Eletromagnética
Mestre em Propagação de Sinais
Coordenador Normas ABNT e ANSI (Brasil e USA)
www.paulomarin.com

Referências

1. Transmission Performance Specifications for 4-pair 100 ohms, Augmented Category 6 Cabling – Draft 7.0, Abril/2007 – ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10
2. Guidelines for Assessment and Mitigation of Installed Category 6 Cabling to Support 10GBASE-T – TSB-155, March/2007 – Telecommunications Industry Association (TIA)
3. Waggener, Bill - Pulse Code Modulation techniques with applications in communications and data recording – First Edition (1995), Van Nostrand Reinhold, New York
4. Hughes, Harald - Telecommunications cables – Design, manufacture and installation, John Wiley & Sons Ltd., England/1997
5. Tsaliovich, Anatoly Cable shielding for electromagnetic compatibility
Van Nostrand Reinhold, First Edition – 1995