

モード変換試験でネットワークが不安定になるのを防止

概要

今日の高速イーサネット・ネットワークにおいて、平衡ツイストペア銅ケーブルが使われるのは理由があります。それは、平衡であるからです。イーサネット信号を適切に伝送できるかどうか、ケーブルの耐ノイズ性が重要な要素となります。ツイストペアの2本の導体の平衡が、ケーブルに注入されるノイズを打ち消します。平衡は、ケーブルからの信号漏れを防ぐ役割も果たします。より高周波および高速なデータ・レートのほど、ケーブルはノイズに敏感になり、適切な平衡を維持することは極めて重要になります。

ツイストペア・ケーブルの平衡は、ケーブルの全体的なデザインと精密な製造を通して実現されます。しかし、すべてのケーブルが同じとは限らず、市場でのバラツキも大きいのです。モード変換試験を通してツイストペアの平衡を保つことは、高周波用におけるエイリアン・クロストーク（AXT）を含め、耐ノイズ性の優れた指標となります。しかし、これら試験を実施できる現場試験装置が不足しているため、業界標準の現場試験要件に、モード変換試験は含まれていないのが現状です。現場の設置業者やエンドユーザーには、これまで平衡度を確認する手段がありませんでした。

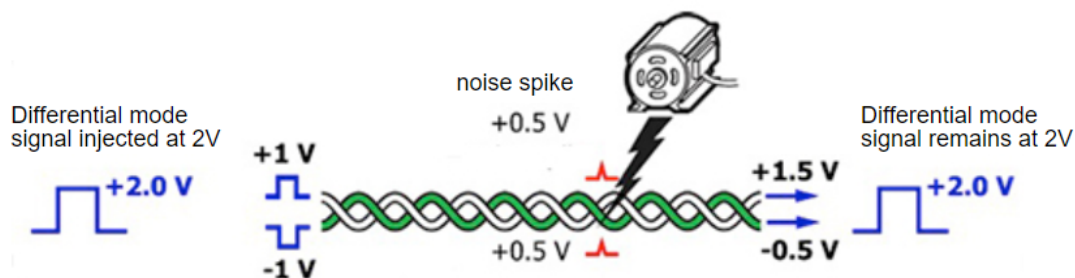
平衡が重要な理由

平衡の背景にある基本概念は、対となる2つの導体に對し、正と負の電圧を反転（逆位相）した差動モードのイーサネット信号が加えられます。差動モードでは、2つの信号は相互に参照します。これは、信号が同位相になり、グラウンド（アース）を参照している点で、コモンモードとは異なります。

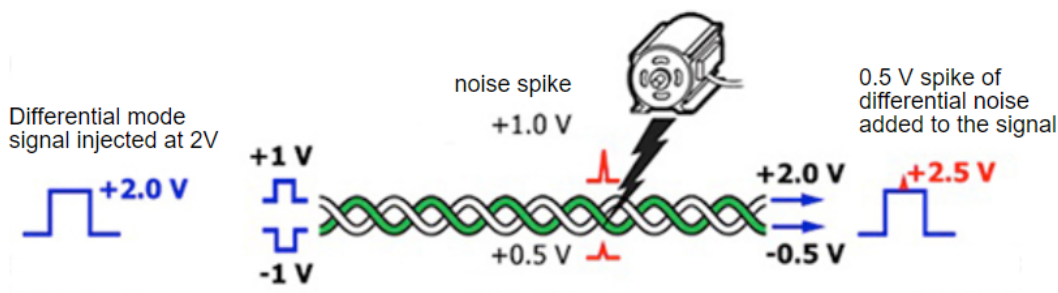
コモンモード信号の一部は、データリンクの伝送路上で差動モードに変換されたり、その逆も生じる場合があります。ペア内またはペア間で生じるこの現象をモード変換と呼び、望ましいものではありません。コモンモードでノイズがケーブルに注入されると、ノイズの一部が差動モードに変換され、イーサネット信号の一部となります。このノイズによって生じる不平衡は、平衡のとれたペアで電圧が不均衡になり、イーサネット伝送の差動信号を劣化させ、ビットエラー、再送、ネットワークの遅延などを引き起こすことになります。モード変換は、ノイズが多く、遅延が認められない産業イーサネットやデータセンター用途において、特に問題となり得ます。

平衡は、ケーブルの全体的なデザインと精密な製造を通して実現されます。それにより、同じ大きさで間隔の導体を持つより密着した整合性のあるツイストペアが出来上がります。平衡の取れたケーブルでは、コモンモード・ノイズが同じまたはほぼ同じ電圧で現れ、打ち消されるため、より高い耐ノイズ性が提供されます。

下の図1では、平衡なリンクとそうでないリンクの違いを示しています。平衡なリンクでは、注入されたノイズが等しいと見なされ、差動モード信号は、リンクの対極側で同じ電圧のままとなります。不平衡なリンクでは、注入されたノイズが等しいとは見なされず、リンクの対極側で差動モード信号の電圧が同じでなくなります。



平衡なリンク

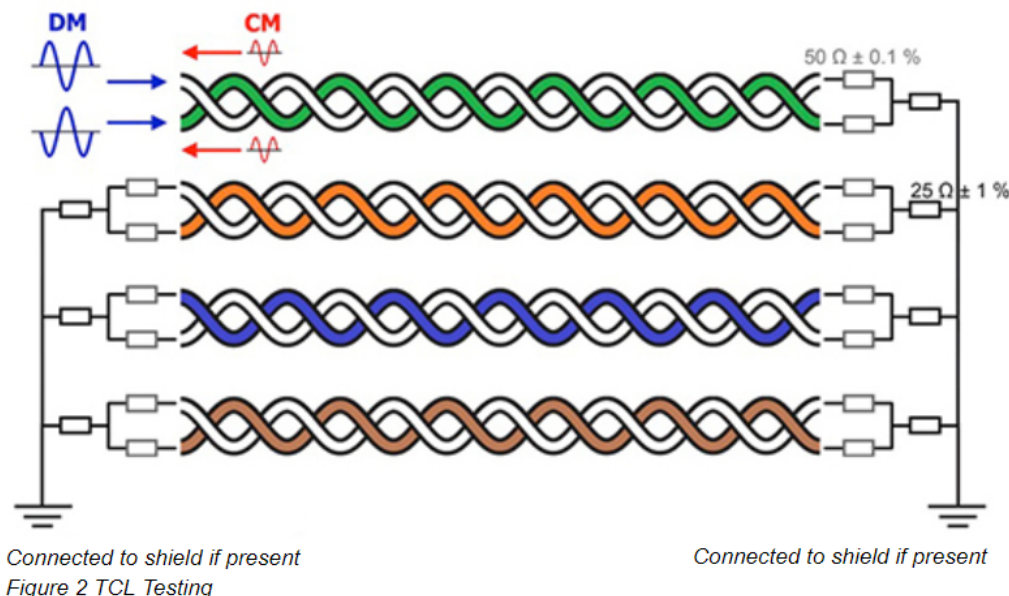


不平衡なリンク

下の図 1 では、平衡なリンクとそうでないリンクの違いを示しています。平衡なリンクでは、注入されたノイズが等しいと見なされ、差動モード信号は、リンクの対極側で同じ電圧のままとなります。不平衡なリンクでは、注入されたノイズが等しいとは見なされず、リンクの対極側で差動モード信号の電圧が同じでなくなります。

TCL と ELTCL のモード変換パラメータ

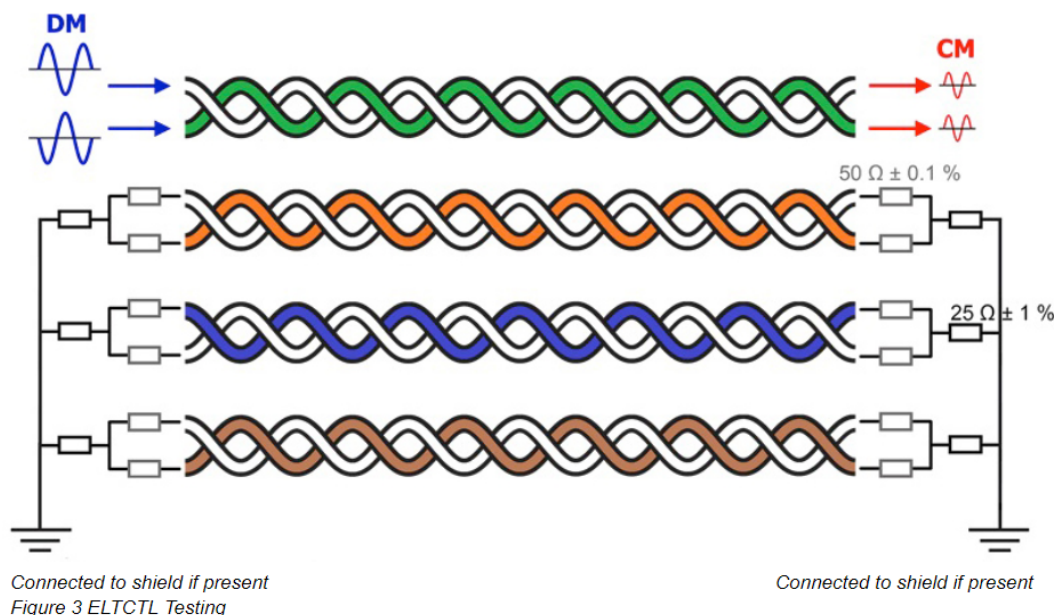
ANSI/TIA-568-C.2、ANSI/TIA-1005、および ISO/IEC 11801:2010 では、平衡度を表す 2 つのモード変換パラメータ、TCL と TCTL が規定されています。横方向変換損失 (TCL) は、ペアの同極側で測定されるモード変換です。図 2 で示すように、TCL はツイストペアに差動モード信号を注入し、同じツイストペア上で帰還するコモンモード信号を測定することで知ることができます。帰還するコモンモード信号が小さければ小さいほど、平衡度が高いと言えます。TCL が帰還するコモンモード信号を測定する一方で、リターンロスは帰還する差動信号を測定するという点を除き、TCL の測定はリターンロスの測定に似ています。



横方向伝達変換損失 (TCTL) は、ペアの対極側で測定されるモード変換です。図 3 で示すように、TCTL はツイストペアに差動モード信号を注入し、同じツイストペア・リンク上の対極側でコモンモード信号を測定することで知ることができます。コモンモード信号の量は導体の長さによって異なるため、挿入損失を考慮して、イコライゼーションを適用する必要があります。したがって、等レベル横方向伝達変換損失 (ELTCTL) の方がより意味のある測定となります。TCL と同様、コモンモード信号が遠端で小さければ小さいほど、平衡度が高いと言えます。

また、TCL の測定がリターンロスの測定に似ているように、ELTCTL の測定は挿入損失の測定に似ています。ただし、挿入損失の場合、遠端の差動モード信号

を測定するのに対して、ELTCTL の場合、遠端のコモンモード信号 (TCTL) を測定し、挿入損失に基づいてイコライゼーションが適用されます。



TCL と ELTCTL のパラメータが、ツイストペア・ケーブルの平衡度を表す優れた指標ではあるものの、どちらも ANTI/TIA-568.C.2 標準の現場試験要件に現在含まれていません。これは、ほとんどの現場試験装置が、差動モード測定しか行えないからです。そのため、TCL と ELTCTL のテストは、TIA および ISO/IEC の業界基準に適合する平衡特性を確保する必要があるメーカーのラボ環境に限定されています。

しかし現状を見れば、すべてのケーブルが同じとは限らず、設計上や製造上のばらつきがかなりあります。また、メーカーは通常、平衡要件を満たすのは製品の初回の品質試験においてのみで、異常が生じる可能性がある日常の継続的な製造プロセス全体を通して要件を満たすとは限りません。

TCL と ELTCTL は、最小平衡度ひいては耐ノイズ性を決定する重要な測定であるため、ネットワーク・オーナーやオペレーターでこれらパラメータに対する関心が高まりつつあります。DSX ケーブルアナライザーをお持ちであれば、設置されているケーブルの平衡度を現場で検証することができます。DSX は、差動モードとコモンモードの両方に対応し、TCL と ELTCTL を通して平衡度試験をサポートする初めての現場テスターです。

ANEXT との平衡を取る

10GBASE-T など、10 Gbps のデータレートをサポートするために必要な 500 MHz の高周波帯において、隣接ケーブルからのノイズ干渉 (エイリアン・クロストーク) が伝送性能を阻害する要因となります。そのため、10 Gbps のサポートに必要なカテゴリ 6A ケーブルは、ペア間の平衡度が高くなるように設計され、カテゴリの低いケーブルよりも高い耐ノイズ性を提供しています。

ケーブル・メーカーは、ラボ環境にて、1 本のケーブルに周りに 6 本のケーブルを布設した最悪の構成で、AXT (エイリアン・クロストーク) をテストします。このテストはかなり簡単であるものの、現場での AXT 試験は非常に複雑なプロセスです。現場での実質的なケーブル認証では、束になっているケーブルを一本ずつテストすると非常に時間がかかるため、総リンク数の一部、一般的に 1% または 5 本のリンクだけを抜き取り検査します。また、AXT レベルが最も高い傾向を示すケーブル束内の最長と最短のリンクもテストすることが推奨されます。抜き取り方式にもかかわらず、現場で AXT テストが実施されることは稀であり、多くの場合、メーカーのケーブル認証に必要とされていません。

データセンター環境以外で 10 Gbps の速度を展開した企業は少ないものの、今後数年の間に、企業で 10GBASE-T が導入されると予想されます。そのため、AXT パフォーマンスはかつてないほど重要になってきます。その一方で、AXT の現場試験に伴う人件費は、数千に及ぶリンクを含む大規模な敷設において特に、大きな懸念事項でもあります。以前に配線されたカテゴリ 6A ケーブルが、AXT の試験・認証が行われていないため、既存のケーブルが 10GBASE-T をサポートするための AXT パフォーマンスを発揮できるかどうか、知る由もありません。

幸いにも、TCL と ELTCTL のテストを通じて分かる平衡度は、ケーブルが 10GBASE-T をサポートできる十分な AXT パフォーマンスを提供できるかどうかの優れた指標になります。TCL と ELTCTL のテストは、他の必須のチャンネル内のパフォーマンス・パラメータ (NEXT、PSNEXT、挿入損失、リターンロスなど) の標準的な現場試験と共に実施できるため、AXT と比べてテストしやすいパラメータと言えます。実際、TIA は平衡度とノイズの強い相関関係を認識し、TSB-1197 でチャンネル内の平衡およびモード変換パラメータと、チャンネル間のエイリアン・クロストークの相互作用を説明しています。

まとめ

耐ノイズ性ひいては優れた AXT パフォーマンスは、平衡なしに達成できないという事実を誰も否定できません。既存のカテゴリ 6A システムの多くが、AXT テストされたことがなく、それを義務付けるメーカーも少ないことから、配線されたケーブルが 10GBASE-T をサポートするための十分な平衡パフォーマンスを有しているか、知る方法がありません。したがって、TCL と ELTCTL のテストは、敷設業者とエンドユーザーの両者に大きなメリットをもたらします。

今後、TCL パラメータが標準によって義務付けられるかどうかはまだ分かりません。ANSI/TIA-56-C.2 の現行要件ではないものの、DSX CableAnalyzer を使えば、容易に TCL と ELTCTL をテストでき、通常の現場試験を通して、平衡度と 10GBASE-T を始めとする高速イーサネットのサポートを確認できるようになります。これは、ネットワーク・パフォーマンスを不安定にさせない最も簡単かつ効果的な手段の一つです。

シールドケーブル上の平衡度は？

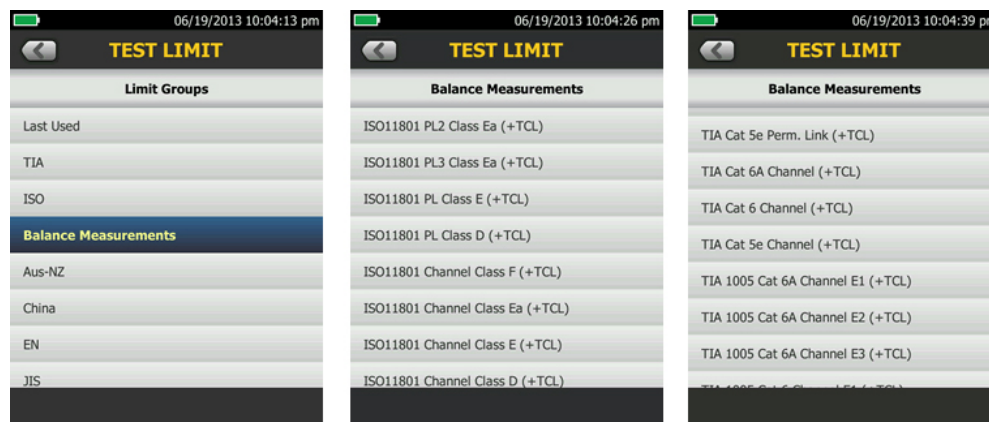
LAN ケーブルのほとんどがシールドなしですが、シールドケーブルは、耐ノイズ性を獲得する手段として、さまざまな環境で導入されており、高速用途においてより優れたパフォーマンスを達成できると宣伝されています。シールドケーブルでは、エイリアン・クロストークを心配する必要はないと主張する者も多くいます。しかし、高速用途の場合、優れた AXT パフォーマンスを実現するために、チャネル全体を通したシールドの連続性が必要となります。スクリーンによって外部からのノイズが遮蔽されるため、シールドなしケーブルと比べ、シールドケーブルの方が平衡度を確保しやすい面があります。シールドケーブルでは、TCL と ELTCTL のパラメータの重要性は低まるものの、スクリーン自体の完全性はシールドケーブルの性能に絶対欠かせません。

シールドの完全性を確保する優れた方法に、DSX CableAnalyzer のシールド・インテグリティ・オプションがあります。これまでは、シールド連続性は直流 (DC) 測定であり、障害までの距離は測定されません。ケーブルの両端が建物に接地された（共用接地）ラック内に収納されるデータセンター環境で、直流測定を実施すると、シールドが連続していなくとも、連続しているように見えます。DSX CableAnalyzer は、特許取得済みの交流 (AC) 測定手法を利用してシールド完全性問題の発生箇所までの距離をレポートする初のフィールド・テスターです。共通接地を施しているかどうかに関係なく、シールドの破れや不連続点を発見し、その場所を正確に特定します。

DSX で簡単かつ素早く TCL と ELTCTL をテスト

DSX CableAnalyzer が登場するまで、TCL 現場試験を実施できる現場試験装置が存在しなかったため、TCL と ELTCTL は現場試験要件になっていません。いずれは、業界標準に基づき、これらパラメータが現場試験の必須要件となり、他の試験装置ベンダーも TCL 現場測定機能を提供することになっても、市場のほとんどの現場テスターは、差動モード測定にしか対応していません。DSX CableAnalyzer は、差動モードとコモンモードの両方に対応しているため、TCL と ELTCTL を測定できます。

TCL と ELTCTL のテスト・パラメータは、カテゴリ 5e、6、6A、またはクラス D、E、または EA のテストに簡単に追加できます。DSX の「Balance Measurements」（平衡度測定）のフォルダ内で、下の画像のように、(+TCL) のサフィックスが付いたテスト規格を選びます。



(+TCL) のサフィックスは、TCL と ELTCTL の測定が追加された ANSI/TIA または ISO/IEC テストであることを意味します。ANSI/TIA-568-C.2 と ISO/IEC 11801:2010 は現時点では、チャネル測定のテスト規格しか提供していません。パーマネント・リンクのテスト規格を選択すると、TCL と ELTCTL 測定は実施されますが、合否判定は行われません。工業用イーサネット規格の TIA 1005 の各種 E1、E2、E3 環境の TCL および ELTCTL のテスト規格も提供されています。TCL と ELTCTL のテストを追加しても、一般的な DSX AUTOTEST 時間に 6.6 秒ほどしか加算されないため、AXT テストと比べて非常に少ない時間で済み、平衡度を確認できる有益な時間と言えます。





フルーク・ネットワークスについて

フルーク・ネットワークスは、優れた認証/トラブルシューティング/インストレーション・ツールを提供する世界大手企業です。当社の製品は、重要なネットワーク・ケーブル配線インフラを設置・保守する技術者を対象にしています。弊社は、信頼性と比類ない能力において高い評価をいただいております。最先端のデータセンターの設置から悪天候のサービス復旧作業に至るまで、すべての作業を効率的に行います。当社の主力製品には、クラウド接続を利用した世界最先端の革新的ケーブル認証ソリューション、LinkWare™ Live が含まれ、これまでに 1400 万件以上の結果がアップロードされています。

1-800-283-5853 (US & Canada)

1-425-446-5500 (米国外)

<http://www.flukenetworks.com>

Descriptions, information, and viability of the information contained in this document are subject to change without notice.

Revised: 2023 年 10 月 9 日 6:49 PM

Literature ID: 6004005B

© Fluke Networks 2018