

スクリーン及びシールドケーブルリング

- ノイズ耐性、接地そしてアンテナ神話

スクリーン及びシールドツイストペア銅ケーブルリングが採用されるようになってからずいぶん経っています。1980年代のスクリーン、シールドに関する様々な規格の主だったものがまだ残ってはいますが、殆どはUTPケーブルに移行していきました。

最近、銅ケーブルでの10Gb/sイーサネットのための10GBSE-T規格が再発行されたのを機にスクリーン及びシールドシステム市場が成長し、近年のUTP中心市場での採用を促進しています。

この市場競争の中で多くの混乱、あるいは紛らわしい情報があり専門家やユーザーを惑わしています。このホワイトペーパーはもっとも一般的な疑問や問題点、あるいは誤解について説明します。

- 第1章シールドの紹介と歴史
- 第2章平衡伝送
- 第3章ノイズ干渉の基礎
- 第4章グラウンドループ
- 第5章スクリーンとシールドのデザイン
- 第6章接地と配線システム
- 第7章アンテナ神話
- 第8章グラウンドループ神話
- 第9章スクリーン/フルシールド配線を採用する理由

第1章 シールドの紹介と歴史

1980年代、商業ビルの初期のコンピューターネットワークを構築するためにLAN配線が出現しました。初期のネットワークは主にIBMトークンリングで構築され、1985年にそれはIEEE802.5として標準化されました。トークンリングネットワークはユニークなオス/メスコネクタで接続する「IBMタイプ1」ケーブルが使用されました。タイプ1ケーブルは図1のケーブルで、2本のゆるく撚られたケーブルをフォイルでシールドし、さらに150Ωのペア全体をブレードで覆ったケーブルです。このケーブルは様々な理由で初期のLANトポロジをサポートするには最適なケーブルでした。このタイプ1ケーブルはツイストペア伝送プロトコルの利点を取り入れることにより、低価格のトランシーバーを使って最高の伝送距離（トークンリングの最長伝送距離は100m）、最高のデータ伝送速度を実現しました。その上、フォイルとブレードが、その当時の世代のツイストペアケーブルデザインや製造においてもはっきりと認識されていなかったクロストークやEMC (Electromagnetic Compatibility/電磁環境適合性) 性能レベルを改善していました。当然ながらこの強健な配線タイプが採用されているビルはまだ残っています。

1990年代に入ってLAN市場の専門家達はイーサネットに移行していく中でトークンリングでの性能や信頼性を認識しはじめました。そうしてツイストペアのデザイン及び製造能力が向上し、内部のクロストークを遮蔽するための個々のフォイルはもう必要がなく、10BASE-Tや100BASE-T 周波数帯の稼動において外部ノイズ源から保護するためのシールドの覆いも必須ではないと考えるようになりました。1990年に発行された10BASE-Tアプリケーション及び1991年に初版が発行されたANSI-EIA/TIA-568包括的配線規格の影響や、さらに低価格な非シールドのUTP配線が併用して当時のLANネットワーク設計にUTPケーブリングが選択肢として確立されていきました。

15年後、イーサネットアプリケーション技術が10Gbps伝送速度まで進化したのに伴い、スクリーン及びフル・スクリーンツイストペア配線仕様が再考されました。このガイドブックはスクリーン、シールドの実質的な利点、従来のUTP配線設計をどのように改良して広帯域伝送を実現するか、その方法についてまとめました。そして、スクリーンおよびシールドの作用についての一般的な神話、誤解を解いていきます。

FIGURE 1: IBM. TYPE 1 CABLE



第2章 平衡伝送

平衡ツイストペア配線でデータ伝送する利点は、ビル環境に存在する信号のタイプを試験することで実証されます。電気信号はコモンモード（または同相モード）か差動モード（ディファレンシャル・モード）で伝送します。コモンモードはグランド線を基準として信号がコンダクタ上を同相位の電圧で伝送することを言います。コモンモード伝送の例として、DC回路、ビルの電力、ケーブルテレビ、HVAC回路、またセキュリティ装置などがあります。モーター、変圧器、蛍光灯そしてRF源（Radio Frequency）などの妨害物から誘導される電磁ノイズもコモンモードで伝送されます。事実上、ビル環境におけるあらゆるタイプの信号、妨害物もコモンモードで伝送しますが、ひとつの注目すべき例外として、ツイストペア配線は平衡または差動モード伝送で最適化されます。差動モード伝送は同等の振幅ですが、180度逆位相の2つの信号でツイストペアの2本の導体上を伝送します。平衡回路は対地間との電位には左右されずに、2線間の電位差に依存します。平衡回路上には接地接続が無く、結果としてこれらの回路のタイプは大概のコモンモードのノイズ妨害物からの干渉に対して本質的に抵抗力があります。

理論上、コモンモードノイズは完璧な平衡ツイストペアのそれぞれの導体に等しく結合します。差動モードのトランシーバーはツイストペア上の2つの信号のピーク間の振幅差を計算し検出します。完璧なバランス配線システムでは、誘導されたコモンモード信号は均等な2つの電圧として現れトランシーバーによって減算され、それによってノイズに対し完全な雑音排除性を持ちます。

現実には、ツイストペアケーブルは完璧なバランスではなく、アプリケーションの開発者やシステムの製作者はその限界を認識しています。TIAとISO/IEC委員会はCat 6とそれ以上の高レベルの構造配線システム規格制定にあたりTCL(transverse conversion loss：横方向変換損失)やTCTL(transverse conversion transfer loss：横方向伝達変換損)あるいはELTCTL(equal level transverse converse transfer loss)などのバランス性能値の制定には細心の注意を払っています。これらのパラメータのための性能限界を調べ、様々なイーサネットアプリケーションで要求されるノイズ遮蔽耐性について模索し始め、バランスのためのコモンモードノイズ耐性の容認しうる現実的な操作帯域幅がおおよそ30MHzであることがわかってきました。これが100Base-Tや1000Base-Tなどのアプリケーションのためにはノイズに対し十分なヘッドルームがありますが、一方シャノン容量モデルによるとこのヘッドルームは10GBASE-Tの最小ノイズ耐性要求に対しヘッドルームが無いことを示しています。幸い、シールドを採用することによりノイズ耐性が画期的に改善されシャノンの性能を2倍にし、将来的に使用する帯域幅を広げる可能性を持っています。

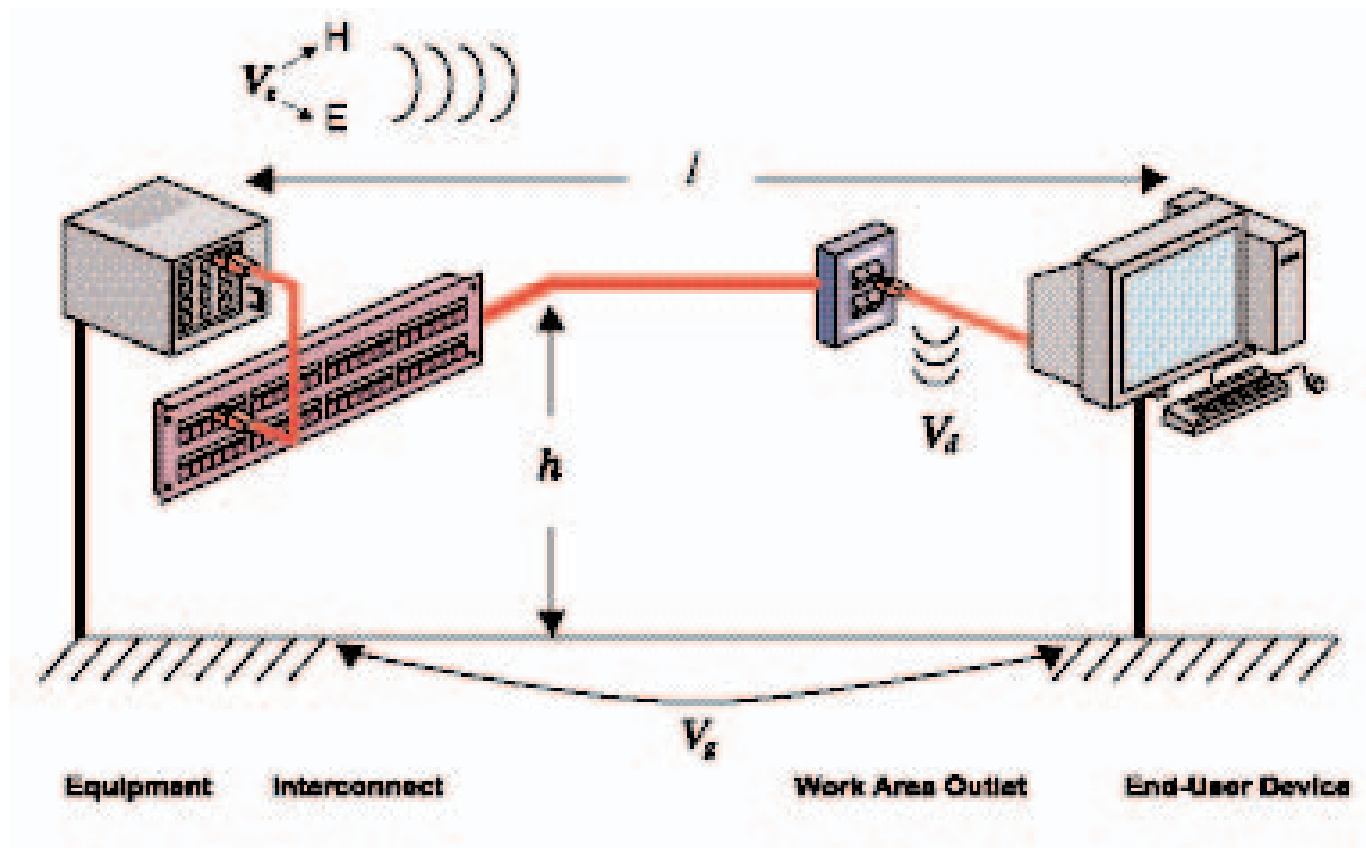
ツイストペア信号バランス低下の原因は30MHz以上において発生するモード変換によるものです。それは差動モード信号がコモンモード信号に変換される現象、あるいはその逆の現象です。変換は環境からのノイズ耐性に悪影響を与え、また同じくペア間とバランスケーブル間へのクロストークの原因となるので、常に最小に抑える必要があります。シールドすることにより、周辺環境からツイストペアへのノイズ結合を制限することでモード変換の可能性を減らすことが出来ます。

第3章 ノイズ干渉の基礎

全てのアプリケーションは割り当てられたビットエラー率（BER）内で伝送するために十分なS/N比（signal-to-noise）のマーヅンを必要としています。つまり伝送されるデータ信号は伝送路（例：構内配線）上に結合するすべてのノイズ妨害物より大きくなければなりません。ツイストペアに結合するノイズは図2に示す3つの原因の何れか、あるいは全てによります。

1. 差動ノイズ (Vd) : 隣り合うツイストペアあるいは平衡ケーブルから誘導されるノイズ
2. 環境ノイズ (Ve) : 外部電磁場によって引き起こされるノイズ。
3. グランドループノイズ: 導体の両端の電位差によって引き起こされるノイズ

FIGURE 2: LAN NOISE SOURCES



アプリケーションの種類によってこれらのノイズ源からの干渉の影響が異なります。たとえば10GBASE-Tアプリケーションは一般的にはエイリアンクロストーク（差動モードケーブル間結合）に対し非常に影響を受けやすいと認識されているのは、アプリケーションのデジタル信号プロセッサ（DSP）の機能はそれぞれのチャンネル内部のペア間クロストークを電氣的にキャンセルしますが、ペア間クロストークと異なり、エイリアンクロストークはDSPではキャンセルできません。一方、他のアプリケーションではエイリアンクロストークはペア間クロストークに比べ非常に小さいため、エイリアンクロストークの存在はノイズを抑圧させるcrosstalk cancelling algorithmsを取り入れていないもしくは部分的にしか取り入れていない100BASE-Tや1000BASE-Tの性能に与える影響は最小限であると言えます。

電磁環境適合性（EMC）はシステムの干渉に対する敏感さ、つまり外部からの影響への強さ（電磁波耐性）と外部への妨害の影響の（放出）可能性の両方についての性質で、他の電子、電気装置と共存するシステムの能力を計る重要な指針です。ノイズに対する耐性と放出の性能には相互性があり、配線システムの干渉への耐性の維持はシステムが電磁波を放出する可能性に比例していることを意味します。面白いことに、不必要に強調されている電磁波に対する耐性への考慮がされているが、現実には通信環境において構造配線システム（Structured cabling system）は電磁波を放出しないし、他の装置に干渉しないことが認識されています。

差動ノイズ妨害物：差動ノイズの例としてエイリアンクロストークやケーブル内部クロストークがあり、これらのノイズはケーブルシステムデザインを正しく行なう事により最小におさめる事ができます。差動モード源からの干渉に対する敏感さはシステムバランスに左右され、導線を隔離したり互いに干渉し合っている導線を離したりすることで改良できます。バランスが改善された配線は（Cat6あるいはそれ以上）内部クロストーク及びエイリアンクロストーク性能がより良く現れます。どのようなケーブルも完全にバランスではないので、クロストークの性能を更に改良するため、導体を分けるのに誘電体を使用したり、導体を隔離するのにメタルフォイルを使用したりしています。たとえばCat6 AF/UTPケーブルはCat6 AUTP配線と比較してエイリアンクロストークが格段に優っていますが、それはケーブルをフォイルで被うことによりエイリアンクロストークをほぼゼロのレベルにまで改善しているからです。Cat7S/FTPはどのCat6A配線設計よりペア間クロストーク、及びエイリアンクロストークの性能を遥に超えています。それはツイストペアの各対にフォイルで覆うことによりペア間のクロストーク、及びエイリアンクロストークをほぼゼロまで改善したからです。これらのクロストークレベルの性能はバランス性能を追求するだけでは達成できるものではありません。

環境ノイズ妨害物：周辺環境からのノイズは電磁ノイズで、誘導結合（単位 A/m）により生じる磁界（H）と容量結合（単位 V/m）による電界（E）から成っています。磁界結合は配線システムのバランスが耐性を十分確保している低周波数（例：50Hzあるいは60Hz）で発生し、その影響は全ての平衡ケーブルで問題になりません。しかし電界では周波数によっては平衡ケーブル上にコモンモード電圧を発生させます。配線システムがループアンテナと同じ原理で干渉に影響されやすいと仮定して発生した電圧の大きさをモデル化することが出来ます。簡単に分析するために、方程式（1）は様々な干渉ノイズ源の帯域幅によって発生するノイズの電界に与える影響、またツイストペアとグランドプレーンとの距離関係を評価するために適切な簡易ループアンテナモデルを示しています。特に電界の入射角を含む詳細なモデル化には実際に結合したノイズ電圧を正確に計算する必要があります。

$$V_e = \frac{2\pi A E}{\lambda} \quad (1)$$

λ = 干渉ノイズの波長

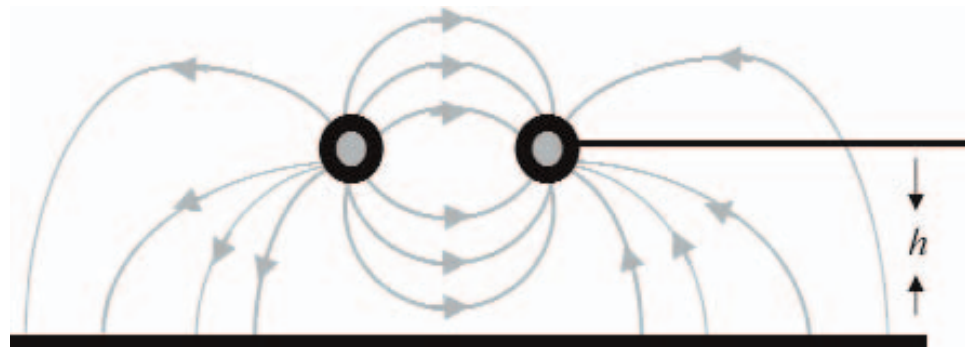
A = グランドプレーン上の妨害されたケーブリングコンダクタによって形成されたループの範囲 (l) 浮遊している平均的な高さ (h)

E = 干渉源の電界強度

干渉源の波長 λ は60Hz信号の50万mから100MHzや高い帯域幅のRF信号（Radio Frequency）による1m以下の範囲の何処にでも及んでいます。妨害源によって異なる電界強度密度は、発生源の近さに左右され、通常は発生源から0.3mの距離で0まで減少されます。60Hzの信号は数千mV内で測定される電界妨害でしかありませんが、MHzレンジで稼動する発生源はそれなりに大きい電界妨害を起こすということが方程式によって証明されます。参考として、軽産業/商業環境に存在する平均的電界として許容できるのは3V/m程度、また工業環境ではだいたい10V/mとされています。

電界によって結合された電圧振幅に影響を与えるひとつの変数はループエリアAで、妨害された配線の距離（l）にグランドプレーンからの平均距離（h）を掛けて計算されます。図3の断面図は電界が発生するコモンモード電流を表しています。それらの電流は配線の一番外側の導体要素から（たとえばUTPの導体、スクリーン/フルシールド環境にあるスクリーンやシールド）不要な信号を誘導します。はっきりしていることは、コモンモードのインピーダンス（グランドループまでの距離（h）によって求められる）は、UTPの環境ではそれほど制御されないということです。このインピーダンスはメタル管路からの距離、ペアを被っているメタル構造、非メタル管路の使用、終端位置などの要因に左右されます。反対に、スクリーン/フルシールド配線環境下のスクリーン/シールドはグランドプレーンとなり、このコモンモードのインピーダンスをうまく定義しそしてコントロールしています。（h）の平均近似値はUTPケーブリングでは0.1から1mまでの範囲であればいいのですが、スクリーン、フルスクリーンケーブリングではもっと抑制されます（たとえば0.001m以下）。つまり、理論的にはスクリーン、フルシールドケーブリングはUTPケーブリングに比べて電界妨害源の影響から100から1000倍も保護されるということです。

FIGURE 3: COMMON MODE CURRENTS

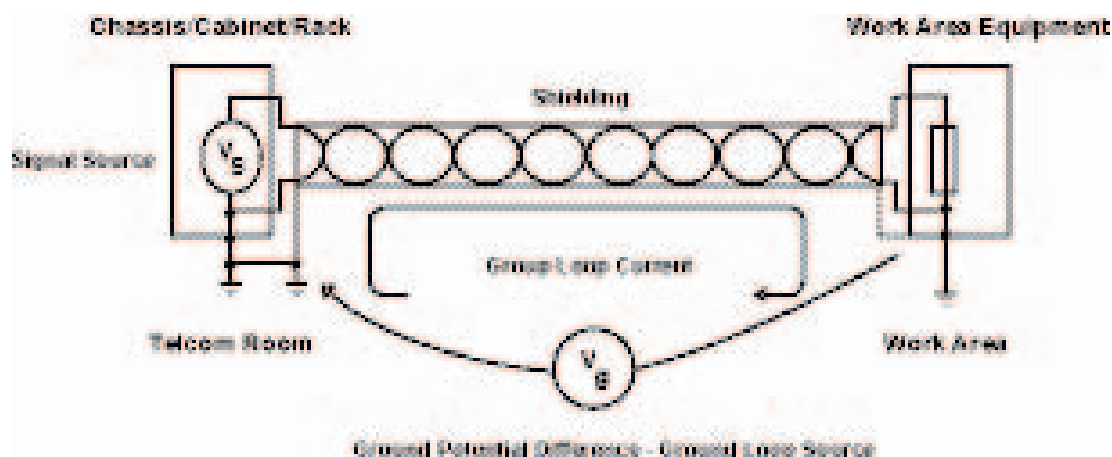


電場妨害源に対するツイストペアケーブルの総合的な感度はケーブリングのバランス性能とスリーンあるいはシールドの有無にかかわっています。バランスのいいケーブル（CAT6か、それ以上の性能）は30MHzまでは電磁干渉に対し影響を受けません。シールドあるいはスクリーンの採用は、高周波数帯でも電磁干渉から守ることが必要であり、次世代のアプリケーションのために特に重要なポイントとなります。たとえばデジタル信号プロセッサ（DSP）技術を採用した最新のアプリケーションは100MHzでのS/N比を最低でも20dBと要求しています。単にバランスだけでもたらされた最小隔離距離も100MHzで20dBです。スクリーン又はシールドを採用することにより、このアプリケーションの操作においてノイズ影響に対し十分なヘッドルームを保証することが必要です。

第4章 グラントループ

接地接続が1箇所以上あるとき、そしてこれらの接地接続に流れるコモンモード電圧の違いによってケーブリングに図4に示すようにグラントループが発生しノイズを誘導します。グラントループからのコモンモードのノイズがスクリーンあるいはシールドのみに現れるというのは誤った概念で、このノイズはツイストペアにも定期的に見られます。グラントループが起こる電流のキーポイントの一つはこの波形がビルAC電源の構造に直接関連しているということです。アメリカでは、主にノイズ周波数は60Hzでそれは高調波という基本周波にたいして整数倍の周波数をもつ正弦波と関連しており、それは通常"HUM"ノイズと言われブーンと音がするACです。世界の他の地域での代表的なノイズ周波数は50Hzでそれは高調波と関連しています。

FIGURE 4: INTRODUCTION OF GROUND LOOPS



Note: Shield grounded at the TR.

Note: At the WA there is a ground path to shield due to the equipment chassis or cabinet.

それぞれのツイストペアはバラン変圧器に接続されNICとネットワーク装置の終端でコモンモードノイズ除去回路に接続されていますが、巻線比とコモンモードグラウンドインピーダンスの差はコモンモードノイズを生じます。ツイストペア上に誘導されたノイズの大きさを減少することは出来ませんが、コモンモード終端、チョーク、そして装置のフィルタを使用しても消去することは出来ません。

スクリーン/シールド上に発生するグラントループは通常はテレコム用接地母線 (TGB) との接地接続とワークエリア側のネットワーク装置本体を介してとるビルの接地接続の電位差によって起こります。留意点は、機器のシャーシを介してシールドのRJ45から低インピーダンスのビル接地パスを供給することは機器製造メーカーでは必須とされていません。時にはシャーシは保護RC回路のビル接地からも、またシールドのRJ45ジャックはフレーム・グラウンドから完全に遮断されていることもあります。

TIAとISO規格は、ケーブルリングのワークエリア側の終端で測定したシールドの電圧と、ワークステーションに供給する電源コンセントのアースワイヤで測定した電圧の電位差が1Vrmsを超えたら、過度のグラウンドループが発生すると、その境界線を明示しています。この電位差はネットワーク装置を適切に稼動するためにきちんと測定し、調整されるべきですが、ビルや設置システムを仕様に基づいて慎重に設計しているアメリカなどの国では、1.0Vrmsを超えることはめったにありません。更に、グラウンドループによって誘導されるコモンモードの電圧は低周波数であるため（50Hzまたは60Hz、それと高調波する周波数）、ケーブルリング設備自体のバランス性能は、実際の電圧振幅の大きさに係らず十分な耐性があります。

第5章 スクリーンとシールドのデザイン

シールドはペア間のクロストーク性能、エイリアンクロストーク性能、ノイズ抵抗性能を他のケーブルリング設計では実現できないほど、飛躍的に向上します。Cat6Aとそれ以下のF/UTPケーブルは図5に示すように4組のツイストペアをフォイルで被った構造です。Cat7とそれ以上のS/FTPケーブルは図6に示すように、1対ごとにシールドされた4対を更にブレードで被った構造になっています。またオプションとしてドレイン線をつけることも出来ます。

シールドの素材は、進入波を反射する能力、吸収特性、そして低インピーダンス信号パスを提供する能力などによって電界妨害物からの影響を最大限に防ぐものが選ばれます。原則としてより伝導性の高いシールドの素材がより多くの進入信号を反射します。通信ケーブル用シールドの素材は硬質のアルミニウムフォイルが適していますが、それは高周波数（100MHz以上）の漏れを100%カバーし、適切に接地接合されると低電気抵抗となります。フォイルシールドの厚さは干渉ノイズ電流の表皮効果に影響されます。表皮効果は周波数が高くなるとノイズ電流浸透度が減少するという現象です。典型的なフォイルの厚さは1.5mils(0.038mm)から2.0mils(0.051mm)で30MHz信号の最大浸透度と同じです。この設計を通じて高周波数信号はフォイルシールドを通りぬけることが出来ないことを確認しました。低周波信号はバランス性能のよいツイストペアに干渉しません。ブレードとドレイン線はケーブルに強度を与え、さらにケーブルリングシステムを適切に接地接合した場合に、シールドのエンドツーエンド電気抵抗を低減します。

FIGURE 5: F/UTP CONSTRUCTION

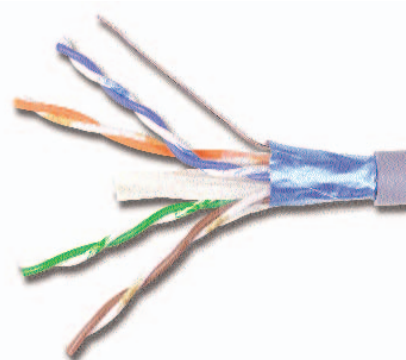
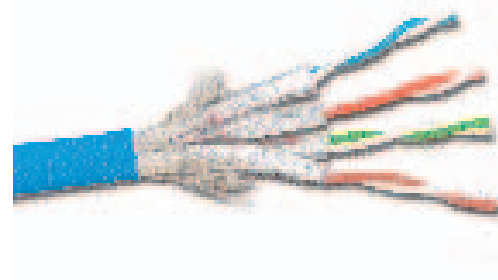


FIGURE 6: S/FTP CONSTRUCTION



第6章 接地と配線システム

ANSI-J-STD-607-A-2002はビルの中に張り巡らされている電気設備用接地システムを基本にした通信用接地と接合設備について定めています。この設備はUTP配線システムとスクリーン/フルシールド配線システムの両方に適用されると認識していることが重要です。この規格は以下の通り規定します。

1. 通信用主接地母線 (TMGB) はビルに設置されている主接地システムに接合されていること。実際の工法、材料そして通信用接地及び接合システムのそれぞれの部品に適合される仕様は、システムやネットワーク規模、容量そして地域の規則によって異なる。
2. 使用する場合は、通信用接地母線は (TGB) は通信用接地バックボーンを介して主接地母線 (TMGB) に接合する。
3. 全てのラック、メタル製パスウェイはTMGBかTGBに接続すること。
4. 配線の装置、通信用装置は搭載するラックかそれに相当するメタル製パスウェイに接合すること。

TIAとISOはスクリーンとシールド配線システムの接地に必要な一工程を追加しました。特にANSI/TIA-568-B.1の第4.6項とISO/IEC11801:2002の11.3項でシールドはテレコム室の通信接地母線 (TGB) に接合し、ワークエリア側は電源を介して接地するように述べています。この手順は最適な一点接地接続構成で、グランドループの発生を極力抑えることを目的としていますが、配線に複数箇所ですアース接続をする必要があります。ANSI-J-STD-607-A-2002で接地と接合に関する推奨が開発された時にワークエリアで装置を介してアースを取るケースがあるということが考慮されているため、特にエンドユーザーのPCやデバイスを介してスクリーンやシールドシステムの接地を必ずしも避ける必要はありません。

接地接続とスクリーン/シールドの接続の違いには特に注意をすることが重要です。接地接続ではスクリーン/シールド配線システムをTGB又はTMGBに接合することですが、一方、スクリーン/シールドの接続はケーブルの端から端まで、そのスクリーン/シールドの通信用コネクタを通してスクリーン/シールドケーブルに継続した電気を維持することです。スクリーンまたはシールドの機能の一部はシールドの素材に誘導されるノイズ電流のために低インピーダンス接地パスを提供することです。TIAとISOが規定するケーブルや接続材料の性能仕様に適合すると、配線システム上の全てのスクリーン/シールドの接続ポイントを通じて低インピーダンスパスを確実にします。エイリアンクロストーク、ノイズ耐性能力を最大にするためには配線システムの端から端までスクリーンの連続性が保たれなければなりません。そこで、スクリーン及びシールド配線システムでUTPパッチコードを使用することは避けなければなりません。

ビルのエンドユーザーによって、スクリーンとシールド配線システムが適切にTGBかTMGBに接地されているか確認作業を実行することを推奨します。

1. 全ての装置用ラック/キャビネット/メタル製パスウェイがTGBかTMGBに6AWGコンダクタを使用して接合されているか目視確認をする。
2. 全てのスクリーン及びシールドパッチパネルが6AWGコンダクタを使用してTGBかTMGBに接合されているか目視確認をする。
3. 各々のパネル、ラック、キャビネットの接地接続部がDC抵抗 $1\ \Omega$ 以下であるかどうか、パネルまたはラックの接合ポイントとTGBまたはTMGB間のDC抵抗測定試験を実施する。(注：地域の規格によってはこの場所でのDC抵抗を $5\ \Omega$ 以下と規定している。)
4. 目視調査、DC試験結果、他全ての必要な銅/ファイバー試験の結果を文書化する。

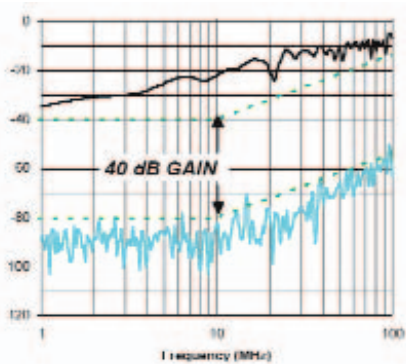
第7章 アンテナ神話

スクリーンやシールドはメタルでケーブルと一緒に長くなっているためアンテナのように作用すると信じられています。スクリーンやシールドが周辺環境に存在する信号を引き付けたりあるいはツイストペア上に現れる信号を放射するのでは、と危ぶまれています。事実はスクリーンもシールドもUTPケーブルのカッパーバランスツイストペアも同じ確率でアンテナのような作用をします。単純なループアンテナモデルによるデモでは、違いはスクリーンやシールド上に結合するノイズの強度は同じ環境下の非シールドツイストペアに結合するノイズに比べて100~1000倍も小さいと言うことです。これはスクリーン及びシールドが提供するグラウンドプレーンまでの内部ペアの明確で制御の効いたコモンモード・インピーダンスのおかげです。次に示すのはバランスツイストペアケーブルの耐ノイズ性能に影響を与える信号妨害源となる2種の信号タイプ、つまり30MHz以下及びそれ以上について分析したものです。

30MHz以下の周波数では、周辺環境からのノイズ電流はスクリーン及びシールドに浸透し、ツイストペアに影響を与えます。しかし、単純なループアンテナモデルではこれらの信号の強度はとても弱く（殆どはアルミニウムフォイルの吸収損失により減衰する）、つまり同じ環境下にある非シールドツイストペアはもっと高い電界強度にさらされると言うことです。良い点は、ケーブル自体のバランス性能はスクリーン/シールドの存在にかかわらず、30MHzまではこれらのノイズ妨害源による影響を殆ど受けません。

周波数が30MHz以上になると、周辺環境からのノイズ電流はスクリーンやシールドに浸透されません。それは表皮効果のためで、内部ツイストペアは干渉による影響を殆ど受けません。しかし、UTP配線でのこのような高周波数帯ではバランス性能に十分な余裕がありません。これは、DSP技術を採用したアプリケーションを必要とする配線システムのS/N比を維持する能力に悪影響を与えます。

FIGURE 7:
UTP VS. F/UTP SUSCEPTIBILITY



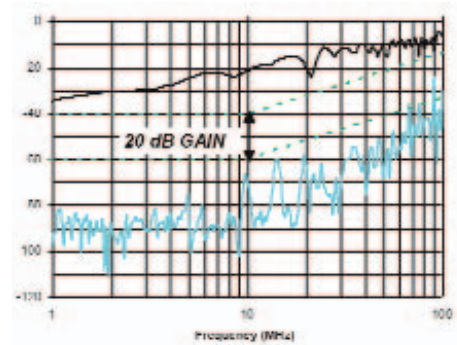
アンテナとしてふるまうケーブルへの可能性は直列に2つのバランスのよいケーブルを配置し、模倣する1本のケーブルへ掃引周波数レンジの送信アンテナ信号を注入し、受信アンテナを模倣するために隣接したケーブル上で干渉を測ることによって実験的に確かめられることができます。経験からは、ノイズ源の周波数が高ければ、干渉の可能性は高くなります。図7に示すように、2つのUTP配線間の結合は（黒のライン）、適切に接地されたF/UTP配線間（青のライン）の相互の影響に比べ最低でも40dB劣っています。40dBの-marginは電圧結合が100倍も少ないことに匹敵します。このことはモデルによる予測を裏付ける結果でした。つまり、UTPケーブルはF/UTPに比べてもっと放出、受信すること（アンテナ作用）がわかりました。

* Data provided courtesy of NEXANS/Berk-Tek

二つ目のアンテナ神話はスクリーン又はシールドに現れるコモンモードの信号は低インピーダンスグラウンドパスを通してのみ消散するという不確定意見に関連しています。恐れられている事は、接地を取っていないスクリーンは、「行ったり来たり反射する信号 (bouncing back and forth)」や「増強する信号 (building-up)」を放射するということです。しかし実際は、接地を取っていないスクリーン/シールドは十分な高周波数信号を減衰します。それは抵抗、並列容量そして、直列インダクタンスによって作られた低域通過フィルタのためです。ツイストペアのフォイルを両端とも接地をしないでおく影響は先の実験と同じ方法で確認できます。図8に示すとおり、2本のUTP間の結合 (黒のライン) は接地されていない2本のF/UTP間 (青のライン) よりも最低値で20dBも劣っています。20dBのマージン差は電圧結合の10倍に匹敵します。最悪状態の下でさえ、接地されないF/UTPケーブルの値と比較しても、UTPケーブルはさらにアンテナの作用をするということです！

モデル化し実験した結果は明確にアンテナ神話を否定しています。それは30MHz以上の周波数帯では適切に接地を取らない状況または接地と正しく取られていない状態でも、非シールド構造に比べスクリーン及びシールドがノイズに対してかなり改善されているという事実を示しています。

**FIGURE 8:
UTP VS. UNGROUNDED F/UTP
SUSCEPTIBILITY**



* Data provided courtesy of NEXANS/Berk-Tek

第8章 グラウンド・ループ神話

よく言われるのは、グラウンドループがスクリーンあるいはシールド配線システムのみにも現れるということです。グラウンドループはスクリーン/シールド配線システムの接地接続間の電圧差によって生じ、それが過度のコモンモード電流を発生しデータ伝送に悪影響を与えるとされています。実際はスクリーンとシールドそしてUTP平衡ツイストペアケーブルもチャンネル終端の電圧差に影響される可能性があるということです。

NICとネットワーク機器の変圧器のコモンモード終端インピーダンスの違いは自然にそれぞれのツイストペア上に誘導されたコモンモードノイズ電流をもたらします。スクリーン/シールドシステムの複数のポイントでとられた接地はスクリーン/シールド上に誘導されたコモンモード電流を引き起こします。しかしこれらのコモンモードノイズ電流はデータ伝送に影響を与えません。それは電圧の振幅にかかわらず、その波形は常にビルのACパワー (50Hz又は60Hz) に連動するからです。低周波数での最適な平衡配線のおかげで、機器のインピーダンス差から直接ツイストペアに誘導されるか、あるいはスクリーン/シールドから結合されるコモンモード電流は差動伝送アルゴリズムの一部としてトランシーバーで減算されます。

第9章 スクリーン/フルシールド配線を採用する理由

スクリーン/フルシールドシステムの採用で得られる性能利点は多数あります。

1. ペア間クロストークの減少
2. エイリアンクロストークの減少
3. Cat6Aスクリーンケーブルの径はCat6AUTP ケーブルより小さいためパスウェイのスペースを有効に使用できる。
4. 全ての周波数帯におけるノイズ耐性を改善するが、特にケーブルバランスの低下が始まる30MHz以上での改善が著しい。
5. 将来のアプリケーションのためにシャノン容量を向上する。

結論

達成可能なSNRマージンはケーブルバランス特性とスクリーンとシールドでもたらされるコモンモード及び差動モードノイズの耐性によります。アプリケーションは適切な信号伝送を可能にすることとBER（ビット誤り率）を最小に抑えるために、良好なSNRマージンが必要となります。10GBASE-Tの出現によって伝送の目的をサポートするためには最適なバランスだけで提供されるノイズ遮蔽能力だけでは十分でないことがわかってきました。F/UTPまたはS/FTP配線システム設計によりエイリアンクロストーク、ノイズ耐性がシャノン容量の2倍の余裕を提供し、その性能の利点がアプリケーションの開発者やシステム採用決定者の注目を集めています。テレコム産業界は採用するメディアタイプの仕様を一巡してきたと言われていています。今日のスクリーン、フルシールド配線システムはLAN配線の最後の2世代の最高の特徴の融合です。低周波数干渉に対しては最高のバランスで保護し、高周波数干渉に対してはシールドで盾となってしっかり保護しています。

用語の定義

absorption loss: メタル素材を使用した場合のインピーダンスロスや物質の加熱によって起こる信号のロス。

alien crosstalk: 平衡ツイストペアケーブル間で発生する不要な差動モード信号

balance: ツイストペアにおける差動モード信号とコモンモード信号の関係

common mode: 相が同じ2つの信号でグラウンド導体を基準として測定し伝送を行う。

differential mode: 位相が180度異なる2つの信号で互いの差を測定し伝送を行う。

electromagnetic compatibility: ノイズソースからの干渉を拒絶し、また他のデバイスや装置を妨害することなく機能するシステムの能力。

equal level transverse conversion transfer loss: 等レベル横方向伝達変換損。1つのペア上で測定されたコモンモード電圧と別のペアで測定された差動モード電圧の比率で長さに係り無く正常化される

fully-shielded: Cat7とCat7Aケーブリングに適用されるケーブルの構造。各ツイストペアを各々フォイルスクリーンで覆い、更に4対をブレードまたはフォイルで覆っている。

ground loop: 2箇所のグラウンド接続間に流れる電圧の違いで、コモンモードノイズ電流が発生する原因となる。

modal conversion: バランスが悪いことで起こる、差動モードからコモンモードへ、またはその逆への不必要な変換。

screen: アルミフォイルテープのメタルの覆い

screened: Cat6Aとその下のレベルのケーブリングに提要される構造。ツイストペアをアルミフォイルで覆っている。

Shannon capacity model: 指定した伝送帯域幅とパワースペクトルの中にガウスノイズがある時、アナログ通信チャンネル上で伝送される理論上の最大エラーフリーデータ量の計算方式

shield: メタル製のカバーでアルミウムブレードから成る

shielded: fully-shieldedを参照

transfer impedance: Transfer impedance:シールドの有効性の測定

transverse conversion loss: 横方向変換損。同じペアに発生する差動モード電圧とコモンモード電圧に対しての比率

transverse conversion transfer loss: 横方向伝達変換損。異なるペアに発生する差動モードとコモンモード電圧に対しての比率。

略号

BER: Bit error rate

DSP: Digital signal processing

ELTCL: Equal level transverse conversion transfer loss

EMC: Electromagnetic compatibility

F/UTP: Foil unshielded twisted-pair (applicable to category 6A and lower-rated cabling)

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

LAN: Local area network

NIC: Network interface card

S/FTP: Shielded foil twisted-pair (applicable to category 7 and 7A cabling)

SNR: Signal-to-noise margin

TCL: Transverse conversion loss

TGB: Telecommunications grounding busbar

TGMB: Telecommunications main grounding busbar

UTP: Unshielded twisted-pair (applicable to category 6A and lower-rated cabling)

Vrms: Volts, root mean square

The Americas

Siemon – North America

101 Siemon Company Drive
Watertown, CT 06795-0400 USA
Tel: (1) 866 474 1197
Customer Service Direct:
Tel: (1) 866 548 5814 (US)
Tel: (1) 888 425 6165 (Canada)
Fax: (1) 860 945 4225
info@siemon.com

**Siemon – CASA
Central & South America**

Calle.77 No.11-19,
Oficina 601 Edificio Torre 77
Bogota, Colombia
Phone: + 011-571-317-2121
Fax: +011-571-317-1163
info_andino@siemon.com

Siemon – Brasil

Av. Adolfo Pinheiro,
1001 -cj. 145
04733-100 São Paulo/SP Brazil
Tel: (55) 11 5523 8122
Fax: (55) 11 5521 3943
info_brasil@siemon.com

Siemon – Mexico

Bldv. Manuel Avila Camacho
No. 2900-502
Fracc. Los Pirules, Tlalnepantla
Edo.de Mexico, C.P. 54040
Mexico
Tel: (52) 55 5370 6100
Fax: (52) 55 5370 6300
info_mexico@siemon.com

Siemon – Venezuela

Calle Veracruz,
Torre Orinoco Piso 2, Oficina 2-C
Las Mercedes
Caracas, Venezuela
Tel: (58) 212 992 5884
Fax: (58) 212 993 9138
info_venezuela@siemon.com

Siemon – Peru

Calle Martir Oloaya
169 of 701
Lima, Distrito Miraflores
Peru
Tel: (511) 446 5188
Fax: (511) 446 5188
info_peru@siemon.com

Europe, Middle East, and Africa

Siemon – UK

36-48 Windsor Street
Chertsey, Surrey
KT16 8AS
Tel: (44) (0) 1932 571771
Fax: (44) (0) 1932 575070
info_uk@siemon.com

Siemon – Germany

Mainzer Landstrasse 16
60325 Frankfurt
Germany
Tel: (49) (0) 69 97168 184
Fax: (49) (0) 69 97168 304
info_deutsch@siemon.com

Siemon – France

Paris Axe France
ZAC Paris Rive Gauche
118-122 Avenue de France
75013 Paris, France
Tel: (33) 1 46 46 11 85
Fax: (33) 1 46 46 10 00
info_france@siemon.com

Siemon – Italy

Via Senigallia 18/2
20161 Milano
Italy
Tel: (39) 02 64 672 209
Fax: (39) 02 64 672 400
info_italia@siemon.com

Asia Pacific

Siemon – Australia (Sydney)

Unit 3A, 10 Rodborough Road
PO Box 6063
Frenchs Forest NSW 2086
Sydney, Australia
Tel: (02) 8977 7500
Fax: (02) 8977 7501
info_asiapacific@siemon.com

Siemon – Australia (Melbourne)

Siemon - Australia (Melbourne)
Level 1, Suite 616
1 Queens Road
Melbourne VIC 3004
Melbourne, Australia
Tel: 03 9866 5277
Fax: 03 9866 5299
info_asiapacific@siemon.com

Siemon – China (Guangzhou)

Rm. 1104,
Middle Tower, Times Square
28 Tianhebei Road
Guangzhou, 510620, P.R. China
Tel: (86) 20 3882 0055
Fax: (86) 20 3882 0575
info_china@siemon.com

Siemon – Australia (Brisbane)

Siemon - Australia (Brisbane)
Unit 9, 128 Brookes Street
Brookes Terraces
(Cnr Ann & Brookes Streets)
Fortitude Valley QLD 4006
Brisbane, Australia
Tel: (61) 07 3854 1200
Fax: (61) 07 3854 1077
info_asiapacific@siemon.com

Siemon – China (Shanghai)

Rm. 3407 - 3408,
Hong Kong Square S.
No. 283, Huai Hai Road
Shanghai, 200021, P.R. China
Tel: (86) 21 6390 6778
Fax: (86) 21 6384 0167
info_china@siemon.com

Siemon – China (Chengdu)

Rm. 1209-1210
Western China Business Tower
No. 19,4 Section, Renminan Road
Chengdu, Sichuan 610041, P.R. China
Tel: (86) 28 6680 1100
Fax: (86) 28 6680 1096

Siemon – Southeast Asia

46 East Coast Road
#07-01/02 East Gate
Singapore 428766
Tel: (65) 6345 9119
Fax: (65) 6345 1120
info_singapore@siemon.com

Siemon – China (Beijing)

Suite 1108 SCITECH Tower
22 Jianguomenwai Avenue
Beijing 100004, P.R. China
Tel: (86) 10 6559 8860
Fax: (86) 10 6559 8867
info_china@siemon.com

Japan

Siemon – Japan

10F Meguro G Bldg.
1-4-16 Meguro,
Meguro-ku, Tokyo, 153-0063 Japan
Tel: 81 (3) 5437-1580
Fax: 81 (3) 5437-1581
info_japan@siemon.com

