

データセンターの ケーブルインフラストラクチャ

AOC と DAC の新しいテストおよび敷設方法

データセンターは日常的に大量の情報が交換されている場所であり、容量のスケラビリティは重要な要件の 1 つです。データセンター内の電力や冷却、ストレージ、スイッチングの必要性に増して、実際的で効率的なケーブル配線が必要です。データセンターは大まかにハイパースケール、マルチテナント、プライベートに分類できます。このノートで説明しているように、ブレイクアウトケーブルを含むアクティブ光ケーブル (AOC) とダイレクト接続銅線 (DAC) のケーブルを使用することは、3 つのカテゴリすべてに適用されます。このアプリケーションノートでは、時間の節約やコスト削減のための AOC や DAC の検証など、実際的な運用面からデータセンターの課題を取り上げます。

データセンターのアーキテクチャ

図1にデータセンターおよびデータセンターと外部との接続例を示します。データセンターでは2〜3通りのアーキテクチャをとることができます。

TOR (Top of Rack) アーキテクチャでは、スイッチとサーバーとの間の配線がラック内に収納されます。これには、全体の配線量を減らせるという長所がある一方、イーサネットスイッチポートの場所がラック内に限定されるためポートの使用効率が悪いという短所があります。

EOR/MOR (End of Row/Middle of Row) 構成では、スイッチポートがグループにまとめられており、ケーブルが長くなることにつながります。EOR/MOR 構成は 2 通りあり、1 つのケースではサーバーとスイッチポートとがケーブルで直結されます。もう 1 つのケースでは、物理的な接続はパッチパネルを経由します。この方法では、より柔軟な接続ができる利点がある一方で、ケーブルの本数が増えるという難点があります。

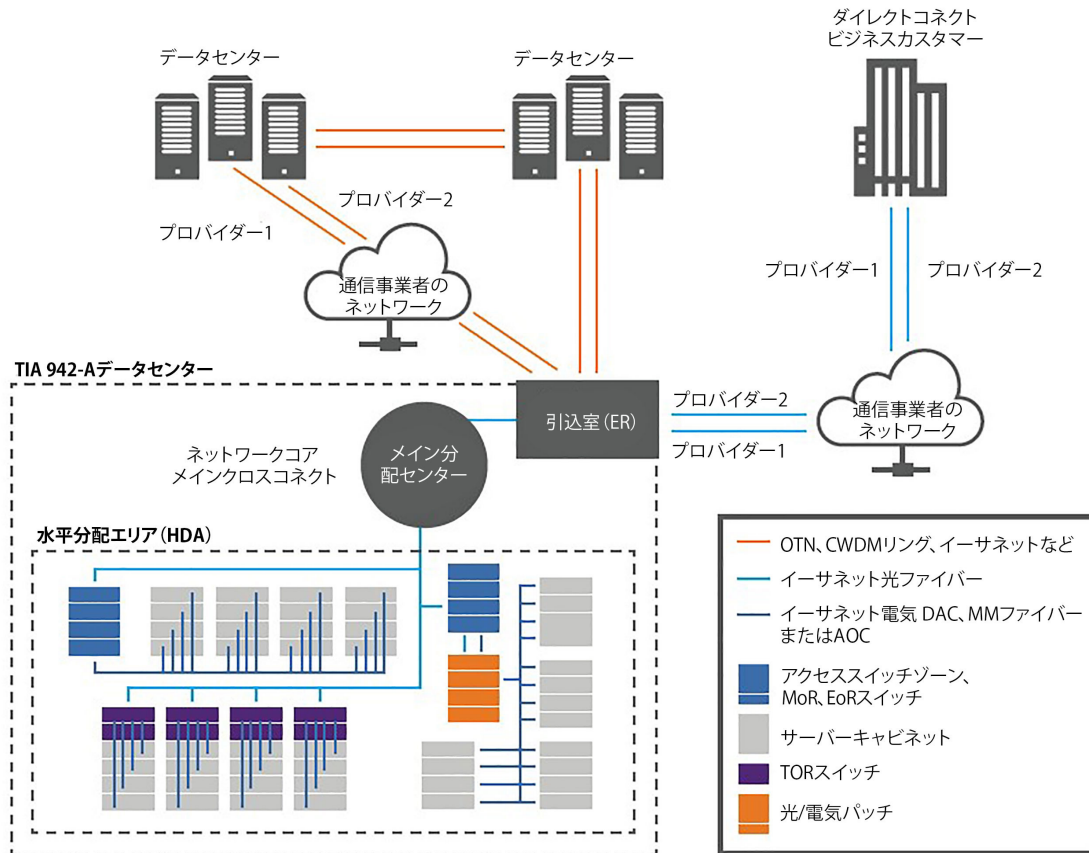


図1. データセンターのアーキテクチャ

アクティブ光ケーブル

図 2 と図 3 に示すアクティブ光ケーブルは、データセンター内の限られた範囲の相互接続アプリケーションに使用されます。40GE、100GE、および 400GE の高速リンクの場合は、リボンケーブルで複数レーンのデータを使用することを意味します。10GE、25GE、または 50GE の場合は、1 つの方向あたり 1 つのレーンまたはファイバーで十分です。AOC は通常、マルチモードファイバーに基づいていますが、一部 (PSM4 や FR4 など) はシングルモードファイバーに基づいています。重要な特性は、AOC がプラグブル光ファイバーと同じケースを使用し、各ケーブル端で電気から光への変換を実行することです。実際には、これは、40GE および 100GE の場合は QSFP 終端 (400GE の場合は QSFP-DD)、10GE および 25GE の場合は SFP 終端であることを意味します。このため、AOC はアクティブであり、光ファイバーケーブルに加え、トランシーバー、コントロールチップおよびモジュールが含まれます。AOC ケーブルは、ほんの数メートルから 100 メートルを超えるまでの長さの固定長のケーブルです。図 3 に、4x10GE、4x25GE、または 4x100GE などのブレイクアウトケーブルの例を示します。技術的には、AOC はイーサネットインターフェイスタイプに準拠する必要はありませんが、多くの AOC はコード情報で特定のタイプが公表されています。表 1 に、考えられるイーサネットインターフェイスタイプのリストを示します。この表で、RS-FEC は Reed-Solomon Forward Error Correction (Reed-Solomon 前方誤り訂正) の略語です。これは、信号に冗長性を加え、遠端でのコードワードの自己訂正を可能にすることで、伝送距離を延長するためのデジタル機構です。RS-FEC アルゴリズムをケーブルで使用するように指定すると、物理接続の両端のイーサネットスイッチとサーバー上で実行されます。

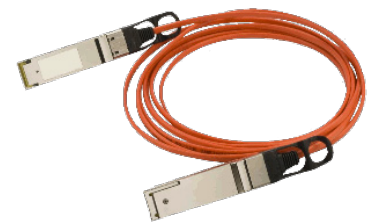


図2. AOC ケーブル

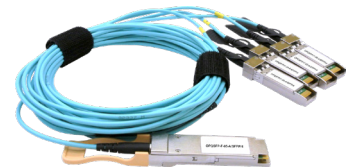


図3. AOC ブレイクアウトケーブル

表 1. イーサネットインターフェイスタイプ

イーサネット トレート	インターフェ イスタイプ	最大到達 距離	中	ファイバー/ 波長数	波長レン ジ	RS-FEC	プラグブルタ イプ
400GE	400GBASE-DR4	500m	SM	4 ファイバー/ 方向	850nm	○ RS (544、514)	QSFP56-DD または OSFP
	400GBASE-SR8	70m	OM3 MMF	8 ファイバー/ 方向	850nm	○ RS (544、514)	QSFP56-DD
		100m	OM4 MMF	8 ファイバー/ 方向	850nm	○ RS (544、514)	QSFP56-DD
	400GBASE-SR4.2	70m	OM3 MMF	8 ファイバー 2λ/方向	850nm	○ RS (544、514)	QSFP56-DD
		100m	OM4 MMF	8 ファイバー 2λ/方向	850nm	○ RS (544、514)	QSFP56-DD
		150m	OM5 MMF	8 ファイバー 2λ/方向	850nm	○ RS (544、514)	QSFP56-DD
	400GBASE-CR8	3m	Twinaxial	8 ケーブル/ 方向	該当なし	○ RS (544、514)	QSFP56-DD
100GE	100GBASE-DR	500m	SMF	1ファイバー/ 方向	1310nm	○ RS (544、514)	QSFP28 また は QSFP56
	PSM4 MSA	500m	SMF	4 ファイバー/ 方向	1310nm	○ RS (528、514)	QSFP28
	100GBASE-SR4	70m 100m	OM3 MMF OM4 MMF	4 ファイバー/ 方向	850nm	○ RS (528、514)	QSFP28
	100GBASE-CR4	5m	Twinaxial	4 ケーブル/ 方向	該当なし	○ RS (528、514)	QSFP28
50GE	50GBASE-SR	70m	OM3 MMF	1ファイバー/ 方向	850nm	○ RS (544、514)	QSFP28 また は SFP56
	50GBASE-SR	100m	OM4 MMF	1ファイバー/ 方向	805nm	○ RS (544、514)	QSFP28 また は SFP56
	50GBASE-CR	3m	Twinaxial	1ケーブル/ 方向	該当なし	○ RS (544、514)	QSFP28 また は SFP56
40GE	40GBASE-SR4	100m 150m	OM3 MMF OM4 MMF	4 ファイバー/ 方向	850nm	×	QSFP+
	40GBASE-CR4	7m	Twinaxial	4 ケーブル/ 方向	該当なし	×	QSFP+
25GE	25GBASE-SR	70m 100m	OM3 MMF OM4 MMF	1ファイバー/ 方向	850nm	○ RS (528、514)	SFP28
	25GBASE-CR	5m	Twinaxial	1ケーブル/ 方向	該当なし	○ RS (528、514)	SFP28
	25GBASE-CR-S	3m	Twinaxial	1ケーブル/ 方向	該当なし	×	SFP28
10GE	10GBASE-SR	33m 400m	62.5μm MMF 50μm MMF	1ファイバー/ 方向	850nm	×	SFP+
	10GBASE-CR	15m	Twinaxial	1ケーブル/ 方向	該当なし	×	SFP+

直結銅線ケーブル

図 4 に示すように、ダイレクトアタッチ銅線 (DAC) ケーブルは、ケーブル自体が光ファイバーではなく銅線で構成されている場合の代替手段です。DAC はパッシブで直接的に電気接続を提供することもあれば、信号処理回路が DAC 内蔵コネクタに組み込まれている場合はアクティブにもなります。AOC 同様、DAC は回線速度によって SFP または QSFP いずれかで終端されます。DAC に比較して、AOC ケーブルは伝送距離が長くて消費電力が少なく、軽量です。しかしながら、コストは高く、光ファイバーは銅線より損傷しやすいという弱点もあります。AOC ケーブルをプラグブル・トランシーバに接続される従来の光ファイバーケーブルと比較すると、AOC には相互接続損失を考慮することとなる敷設できる簡便さがあり、接続前にファイバー端面のクリーニングと検査をする必要がありません。しかしながら、AOC ケーブルは、前述したようなパッチパネルを使用した EOR/MOR 構成には使用できません。AOC ケーブルについては、DAC ケーブルもブレイクアウトとして提供されています。



図 4. DAC ケーブル

運用上の課題

AOC と DAC ケーブルには、実際のファイバーまたは銅線ケーブルにテストアクセスする方法がないため、従来の媒体テストおよび検定ツールをケーブルの検定に使用することはできません。このため、デュアル SFP/QSFP トランシーバを受け付けて、トラフィックを生成・分析できるテストツールを使用する必要があります。AOC と DAC のテストは、ネットワーク性能に関する課題が AOC/DAC ケーブルまたはその敷設に起因するものでないことを確認するための重要なステップです。問題のあるケーブルを敷設してしまうと、事前にテストするよりトラブルシューティングにより多くのコストがかかることを考えてください。1 例を挙げれば、追跡し遠端を特定する必要があるということです。AOC/DAC ケーブル障害の原因には、極性の間違いや極性が逆などの製造時の問題、ラベルの間違い、配送中の損傷などがあります。AOC の場合、曲げすぎると損失量が大きくなったり、ファイバーがつぶれたりすることがあります。DAC の場合は、EMI が劣化し、ビットエラーが過度に発生することがあります。敷設前に、デュアルポート SFP/QSFP を装備したテストデバイスを使用して全ての AOC/DAC ケーブルをテストするか、ロットで受け取ったケーブルの一部をサンプリングテストするか選ぶことができます。既に敷設されているケーブルでは 2 つのコネクター端が離れているため、トラブルシューティングに 2 つのデバイスが必要となります。

ビットエラーレートのテスト

ケーブルをテストする最も簡単で効果的な方法は、テスト結果をビットエラーレート (BER) しきい値と比較できるテストパターンを実行することです。ブレイクアウトを含む AOC ケーブルおよび DAC ケーブルは、特に RS-FEC アルゴリズムを実装するデバイスで使用する場合、通常、データシートに BER 定格があります。この BER 値は、ケーブルの種類、回線速度、イーサネットインターフェイスの種類によって異なります。400GE、100GE、50GE、および 25GE で一般的な RS-FEC エンコードトラフィック用のケーブルの場合、エラー訂正前の FEC 定格とエラー訂正後の FEC 後の定格の両方が存在することもあります。そのような場合には、ケーブルの BER 値に近いプリ FEC BER しきい値を用いてケーブルテストを行い、BER 測定値がテストのしきい値より小さいことを確認することを推奨します。RS-FEC が使用されていない 40GE と 10GE ケーブルの場合、それらの回路には誤り訂正がないため、予想 BER しきい値はかなり小さい値にする必要があります。そうした場合、AOC または DAC に BER 値がなければ、推奨されるしきい値は 10^{-12} です。10Gbps 以上の回線速度で有意な BER 結果を得るには、ケーブル 1 本あたり 1 分のテスト時間で十分すぎるほどです。ケーブルテスト時のベストプラクティスは、シリアル番号などのケーブル ID が生成されるようにすることです。これは AOC または DAC ケーブルのどちらでも読み取ることができます。要約すると、AOC ケーブルや DAC ケーブルをデータセンター内のスイッチまたはサーバーに接続したときにそれらのケーブルが必ず機能することを確認するための有用な方法の 1 つは、必ず目標 BER しきい値に基づいてケーブルをテストしていただくことです。

VIAVI MTS5800-100G

AOC および DAC ケーブルをテストするために、VIAVI は AOC/DAC/ブレイクアウトケーブルアセンブリテストを自動化するケーブルテスト統合スクリプトを提供します。ケーブルテストは、ブレイクアウトケーブルに加えて、AOC およびアクティブ/パッシブ DAC のテストをサポートします。このようなブレイクアウトケーブルは、各終端点から 1 つのユニットでテストできます。ジョブマネージャツールは、結果を 1 つのテストレポートファイルにまとめます。図 5 に示す VIAVI の MTS5800-100G は、最大 112Gbps のラインレートでのオールインワンテストを提供します。5800-100G は、10/100/1000BASE-T、光 GE、10GE、25GE、40GE、50GE、100GEなどのデュアルポート機能を備えたすべてのイーサネットレートをサポートします。技術者は、メトロ、バックボーン、データセンター相互接続性に加えて、AOC/DAC ケーブルをはじめとする多数のアプリケーションをテストできます。5800-100Gは小型ながら、CPRI、ファイバーチャンネル、PDH、SONET/SDH、OTN、イーサネットをはじめとするDS1/E1 から OTU4 までテストできます。また、5800 プラットフォームは OTDR モジュール、オートフォーカスによる端面検査、および高度なタイミングと同期機能をサポートするように拡張できます。これらのツールはすべて、クラウドベースの資産管理、構成、レポート機能を提供する StrataSync によりサポートされており、管理および共有しやすくなっています。5800-100G は、AOC および DAC ケーブルテストをはじめとする、データセンター内のユーザーニーズに対応する完全なテストおよび管理ソリューションです。また、VIAVI から提供される OneAdvisor-1000 では、最大 400GE までのすべての速度をサポートしています。



図 5. MTS5800-100G

筆者: Guylain Barlow、シニアプロダクトマネージャー、VIAVI ソリューションズ