

Keysight Technologies

高速コヒーレント光伝送システムの特徴評価

アプリケーション
概要



M8195A 65 GSa/s任意波形発生器



N4391A 光変調アナライザとN4392A 統合型光変調アナライザ

概要

有線および無線の音声/データトラフィック用の既存通信ネットワークに対して、ビッグデータの利用、クラウドアプリケーション、モノのインターネット(IoT)、膨大な数のモバイル機器のニーズが課題になっています。

業界は、高度な変調手法を使用するコヒーレント光伝送通信システムを採用して、データ輸送に対する爆発的な要求に対応しています。このソリューションには新しいいくつかの要件が付帯します。この要件は、トランスミッターからファイバーケーブル、さらに、回路素子を介してレシーバーまでの通信リンク全体で理解する必要があります。回路デザインは信号の歪みやリンクの劣化に対して堅牢である必要があります。

キーサイトは、以下のアプリケーションノートでこれに関して説明しています。

- M8195A 65 GSa/s任意波形発生器を使用したクリーンな変調信号の作成
- M8195A 65 GSa/s任意波形発生器と光変調発生器ツールを使用した信号歪みとリンク劣化の作成
- リンク劣化のエミュレート方法
- N4391A/N4392A 光変調アナライザを使用したリンク性能の評価および解析
- レシーバーのデジタル・シグナル・プロセッサ(DSP)を使用した補正アルゴリズムの堅牢性をテストする方法

高次変調の動機付け

光伝送リンクは、有線および無線インターネット全体のあらゆるデータトラフィックのバックボーンです。

帯域幅の課題

2013年から2018年の年平均成長率(CAGR)が61%であることから今後2~3年の世界中のモバイルトラフィックを考えると、2016年までにインターネットトラフィックは1 ZB (10²¹ バイト) に到達すると予測されています。世界中のIPトラフィックはこれまでの5年間で8倍に増加し、今後5年間で4倍に増加する見込みです。今日は、かつて作成されたギガバイト相当のあらゆる映画が、5分おきに世界中のIPネットワークを行き交っています。IPネットワークに接続される装置の数は、既に、世界人口の2倍にもなっています。

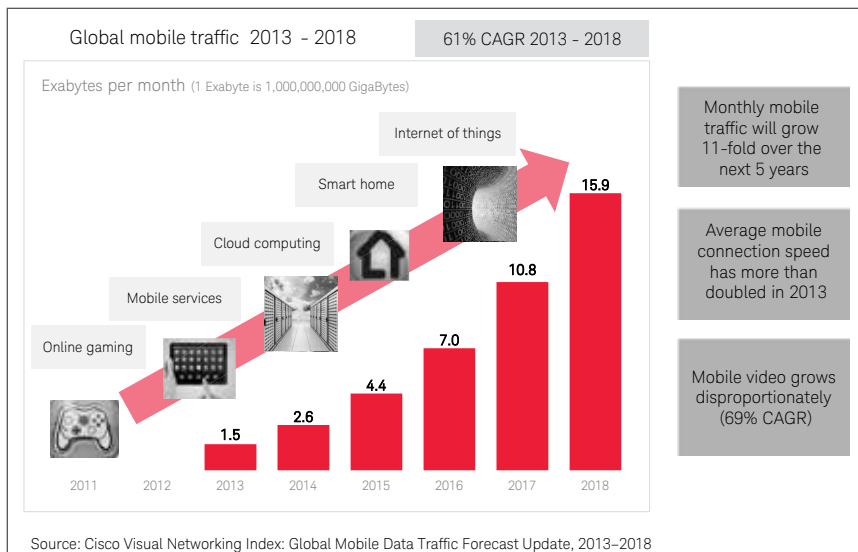


図1. 広帯域幅の推進力は現在も維持されています。

ボトルネック

モノのインターネット(IoT)、ビッグデータ、クラウドの使用によってデータ量が増加し、既存の通信パイプでは間に合わなくなることは間違いありません。さらに重要な問題は、テレコミュニケーションのインフラが遅れをとらないようにすることです。

世界中のテレコミュニケーション・ファイバー・インフラは長距離伝送向けに高密度波長多重通信(DWDM)を使用していて、通常、キャリアチャンネルの間隔はITU-Tによって定義された50 GHzグリッドです。これは今後も当面、引き続き主流になると見られています。もしもすべてのチャンネルが完全に信号スペクトラムで占有されてしまったら、サービスプロバイダーはどうすれば伝送容量をさらに増やせるでしょうか？

- 1つ目の方法は、多くのケースで従来行われてきたように未使用のDWDM伝送チャンネルを使用することです。
- 2つ目の方法は新しいファイバーの配備です。これは非常に高価で時間のかかる選択肢です。
- 3つ目の方法は、ファイバーで広い帯域幅を消費して伝送速度を上げることです。これは、信号帯域幅の広さがITUグリッドである50 GHz以内のままで実行できます。現在、10 G伝送を使用している多くの中核伝送システムはこのリミットにも到達しています。NRZ伝送速度を単に上げるだけでは役に立ちません。なぜなら、そのチャンネルが隣接チャンネルに干渉し始めるからです。

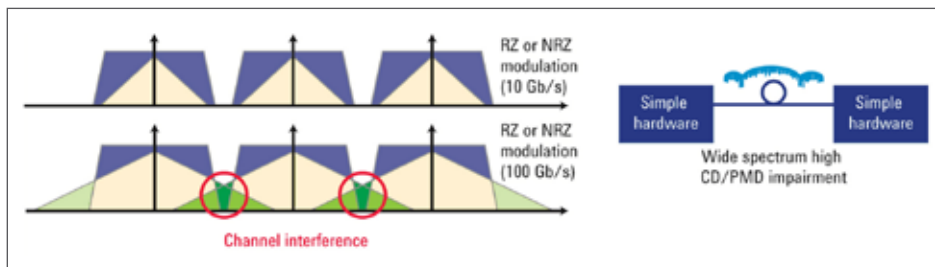


図2(a). OOKでは、100 Gb/s以上でチャンネル干渉や劣化が生じます。

解決策

移動体業界のRF分野がこの20年の間に似たような問題を解決しています。光分野もRF業界が用いた同様のテクノロジーを利用して、光独自の要件に適用できます。

解決策は、従来の光のオン/オフ切り替え(RZまたはNRZ変調)よりも帯域幅あたりの送信情報が多い変調方式を使用することです。この方法では、より複雑なハードウェアと追加のデジタル信号処理のコストを支払えば、スペクトラム効率と伝送レートを向上させることができます。

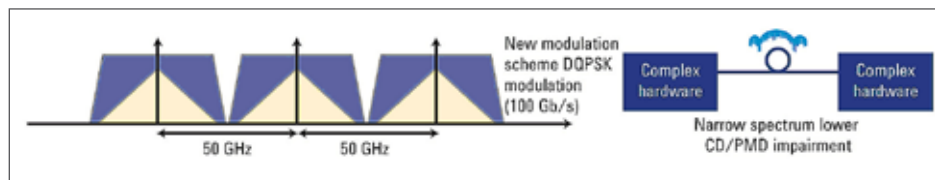


図2(b). 複素変調手法により、この問題を解決できます。

表1に一般的に使用されている変調方式を掲載します。ポイント数が増加すると1シンボル当たりの伝送ビット数が増加しますが、占有帯域幅は同じままです。

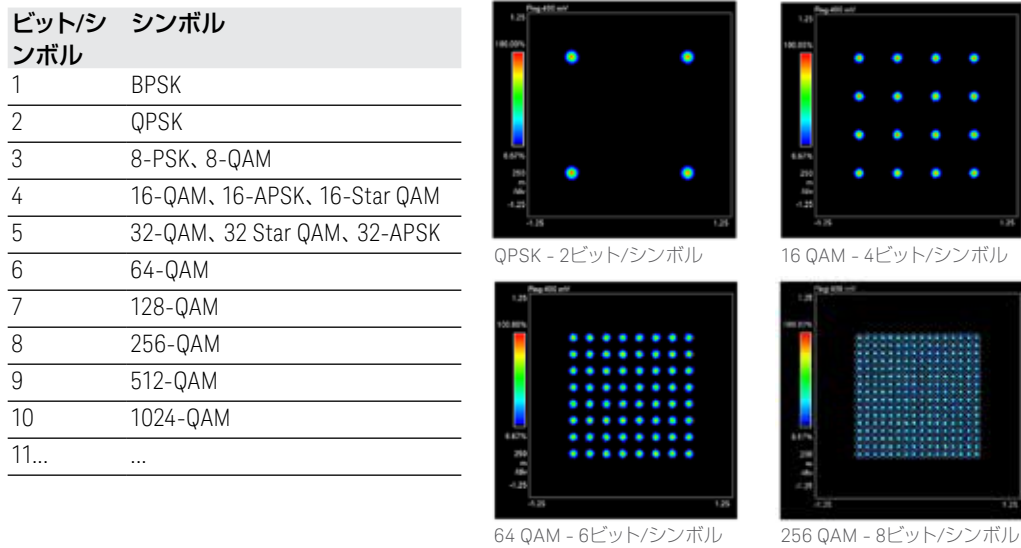


表1. 一般的に使用されている変調方式とコンスタレーションダイアグラムの概要

高度な変調方式とデュアル偏波の使用により、50 GHz幅のDWDMチャネルで100 Gb/sを超えるオン/オフキーイングを送信できます。図3の一番下は、112 Gb/sのNRZオン/オフキーイング(OOK)信号で、100 GHz以上の帯域幅を占有しています。図は上にあるものほど、高度な変調方式、偏波、多重化、パルス整形を使用することでスペクトラム効率が向上します。このように、一番上の変調では信号が同じデータレートでも50 GHzの帯域幅しか占有しなくなります。これは100 Gb/sの光伝送向けにOIFが定義している帯域幅です。

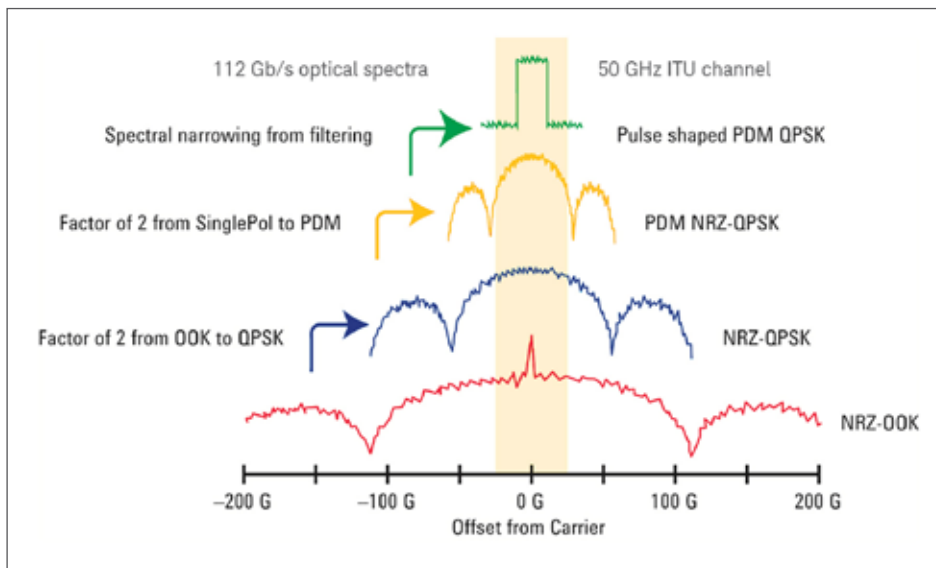


図3. スペクトラム効率の向上: NRZ OOKからDP-QPSK

水平軸は波長ではなく光周波数を表し、各々が50 GHzのITUチャネルを複数カバーしています。

- 一番下のスペクトラムは、従来のオン/オフキーイングによって変調された112 Gb/s信号で、この20年、使用されてきたものです。これは1つのITUチャネルよりもかなり広い帯域幅を占有しています。
- OIFの提案どおりにオン/オフキーイングから複素変調（この場合QPSK）に変更すると、OOKでは1シンボル当たり1ビットしか伝送できなかったものが1シンボル当たり2ビット伝送できるようになり、効率が2倍になります。スペクトラムの占有に対する影響が、中央の"NRZ-QPSK"というトレースに示されています。
- さらに高いスペクトラム効率を実現する手法は偏波分割またはデュアル偏波多重と呼ばれていて、多くの場合、DP-QPSKまたはPDM-QPSKというように、変調方式の名前の先頭にDP（またはPDM）が付加されています。
偏波多重方式では、2つの個別信号を2つの直交偏波面に送出します。これらの偏波面によって2つの個別データストリームが搬送され、それをレシーバー側で復元することができます。この結果、"PDM NRZ QPSK"トレースに見られるように、さらに2倍、スペクトラム帯域幅が縮小されます。
- OIFの定義どおりに複素変調と偏波多重の両方の手法を使用すると、スペクトラム効率は4倍も向上し、オン/オフキーイングでは112 GHzだったクロックレートが28 GHzになります（ $112 \text{ GHz}/4=28 \text{ GHz}$ ）。

このコンセプトにより使用される帯域幅が大幅に縮小されるだけでなく、使用される電子部品に対する帯域幅要件も緩くなります。

高度な変調方式は、今後数年、テレコミュニケーションネットワークで爆発的に伸びるデータに対応するために、業界が選択した手法です。このような技法の使用により、次世代の速度クラスは400 Gb/sと1Tb/sが主要になる見込みです。

既存の10 Gb/s～40 Gb/sのテレコミュニケーションインフラを調整する際の課題を克服するには、エンドツーエンドのコヒーレント伝送リンクに及ぼされるすべて影響を徹底的に理解することが必要になります。

キーサイトは高速テスト/解析用のツールやソリューションを提供しながら、業界と緊密に連携して支援することをお約束します。

次の課題は？

下の図は、代表的な高速伝送ラインと、その回路コンポーネント、歪み、劣化について説明したブロック図です。

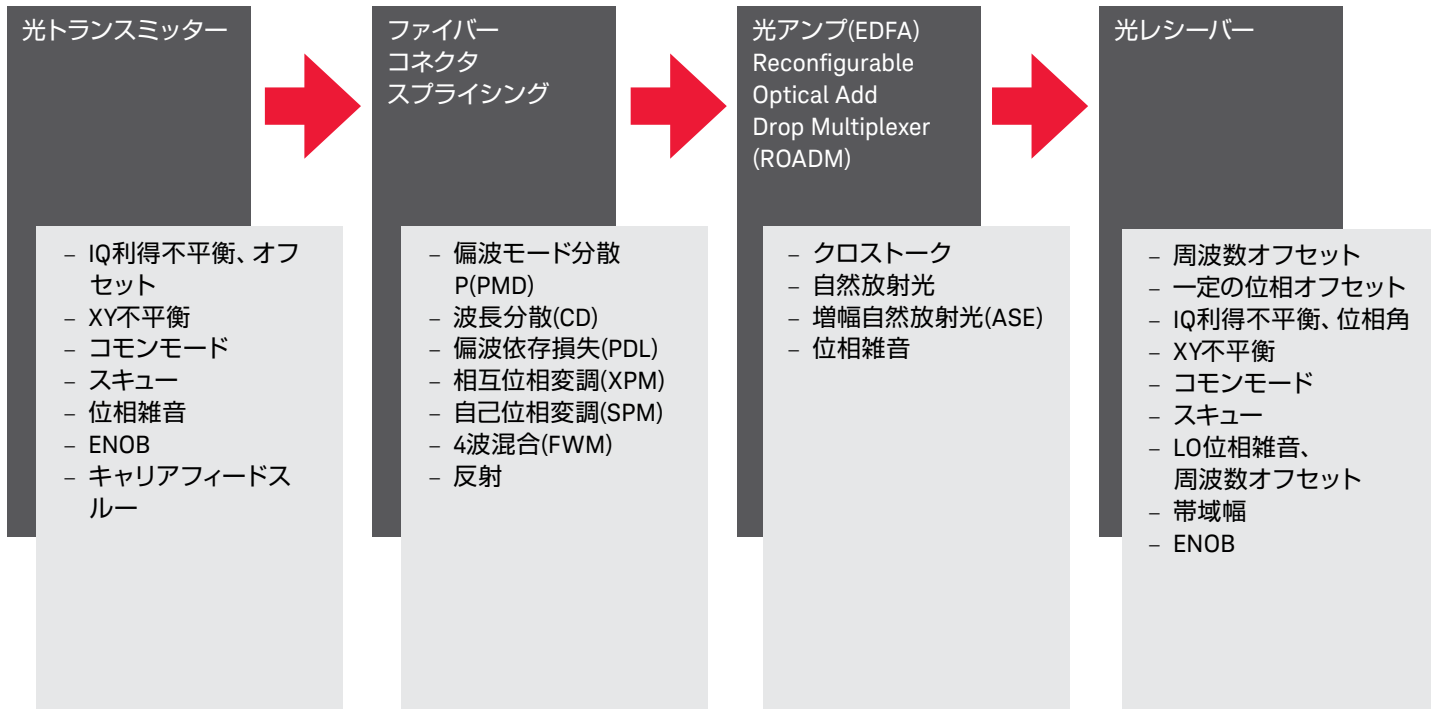


図4. 代表的な伝送回路素子 - 歪み、劣化

- 適切な高速伝送を確立するには各回路素子の歪みや劣化の影響を理解する必要があります。
- 高度な変調方式の伝送距離は、使用できる光S/N比(OSNR)だけでなくファイバーの非線形性によっても制限されます。信号パワーを上げると不要な非線形成分が生じます。どうすれば非線形効果の回避あるいは補正ができるでしょうか？
- どのように、あるリンクの劣化または信号歪みが別のものに影響するのでしょうか？
- どうすれば、消費電力が最小になるような大容量光伝送リンクを開発できるでしょうか？
- レシーバーの堅牢なデジタル信号処理を開発するために、どうすれば前述の歪みや劣化をエミュレートできるでしょうか？
- どうすれば前述の劣化や歪みに関する伝送リンクの許容範囲を拡大できるでしょうか？

以下のキーサイトのアプリケーションノートを参照してください。上記の問題に対応できるキーサイト製品の詳細を説明しています。

アプリケーションノート パート1:

M8195A 65 GSa/s AWGを使用したクリーンな変調信号の作成

アプリケーションノート パート2:

M8195A 65 GSa/s AWGを使用した歪みテスト信号とリンク劣化の作成

アプリケーションノート パート3:

コヒーレント伝送リンクの検証/デザインをサポートするキーサイトの解析ツール

今後の展望

ここまで述べたように、コヒーレント光伝送システムおよびサブシステムの開発では、クリーンな変調信号と歪みテスト信号を作成するためにますます高い柔軟性が必要になります。Keysight M8195A 65 GSa/s任意波形発生器は、その優れた汎用性により、デュアル偏波デジタルコヒーレント伝送、直交周波数分割多重化方式(OFDM)、タイム・ドメイン・パルス整形などに必要な信号を作成できます。

さらに線形/非線形劣化を信号に追加したり、AWGから被試験システムまでの歪みやシステム内部のコンポーネント間の歪みを補正したりできます。

Keysight M8195Aは最大65 GSa/sのサンプリングレートと20 GHzの帯域幅を兼ね備え、最大4チャンネルで32 G baudを超える複素変調信号を生成できます。これを1つのAXIeモジュールで同時に実現しています。



M8195A 65 GSa/s任意波形発生器

多目的の信号や劣化の発生に伴う影響を特性評価したり解析したりするには、高性能の解析ツールが必要になります。

N4391A/N4392A 光変調アナライザは400 Gb/s~1 Tb/sの伝送システムで振幅/位相変調された光信号に対して包括的特性評価を行うことができ、テラビット伝送の高度な研究を行うことができます。

光変調アナライザは以下を提供します。

- 解析機能をオフラインでも利用できるスタンドアロンソフトウェア
- リアルタイム検出が可能な広帯域幅偏波ダイバーシティコヒーレント光レシーバーテクノロジー
- Keysight 89600 ベクトル信号解析ソフトウェアとの組み合わせによる革新的な信号処理アルゴリズム
- キーサイトの高速リアルタイムデータ収集ユニット、Infiniium 90000-Qシリーズ オシロスコープとのシームレスな統合



N4391A 光変調アナライザとN4392A 統合型光変調アナライザ

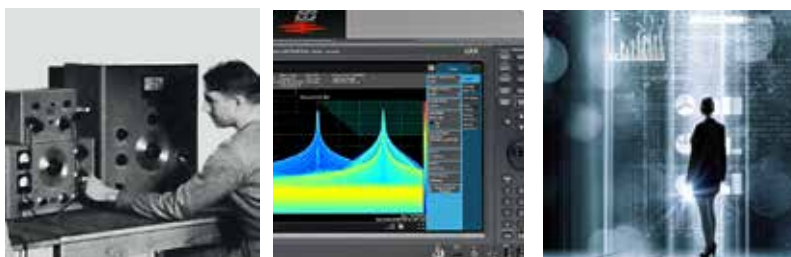
関連カタログ

タイトル	カタログ番号
Keysight M8195A 65 GSa/s任意波形発生器 - Data Sheet	5992-0014JAJP
N4391A 光変調アナライザ - Data Sheet	5990-3509JAJP
N4392A 光変調アナライザ - Data Sheet	5990-9863JAJP

1939年以來の進化

キーサイト独自のハードウェア、ソフトウェア、サービス、スペシャリストが、お客様の次のブレークスルーを実現します。キーサイトが未来のテクノロジーを解明します。

ヒューレット・パッカードからアジレント、そしてキーサイトへ



myKeysight

myKeysight

www.keysight.co.jp/find/mykeysight

ご使用製品の管理に必要な情報を即座に手に入れることができます。

DEKRA Certified

ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2015
Quality Management System

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Keysight Services

www.keysight.co.jp/find/service

私達は、計測器業界をリードする専門エンジニア、プロセス、ツールにて、設計、試験、計測サービスにおける様々な提案をし、新しいテクノロジーの導入やプロセス改善によるコスト削減をお手伝いします。

Keysight Assurance Plans

www.keysight.com/find/AssurancePlans

Up to ten years of protection and no budgetary surprises to ensure your instruments are operating to specification, so you can rely on accurate measurements.

契約販売店

www.keysight.co.jp/find/channelpartners

キーサイト契約販売店からご購入頂けます。
お気軽にお問い合わせください。

www.keysight.co.jp/find/DAQ

キーサイト・テクノロジー合同会社

本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-12:00 / 13:00-18:00 (土日祭日を除く)

TEL ☎ 0120-421-345 (042-656-7832)

FAX ☎ 0120-421-678 (042-656-7840)

Email contact_japan@keysight.com

ホームページ www.keysight.co.jp

記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。