

ダイナミック利得等化器のアプリケーション展望

By Stephen Montgomery, ElectroniCast Consultants

ダイナミック利得等化器(DGE)は、光通信ネットワークで用いられる。製品は標準品として販売されているが、OADMや光ファイバアンプなどに組込まれる機能ユニットとしても販売されている。

ネットワークの構造やその他の変動要素に依存するが、すべてのチャンネルの光パワーレベルを修正する代わりに、チャンネルを2つ以上のバンドに分割してバンドのパワーレベルを修正するのが実用的な場合もある。ネットワークによっては、この方がコストが安く、ソリューションとしてはこれで十分なこともある。すべてのDGEエレメントを1つに集積することは技術的にはできる。例えば、OADMのようなコンパクトな微小平面構造とすることだ。

LH/ULH市場もメトロ市場でも利得等化器あるいはチャンネルイコライザが有用であるが、LH市場で普及している。これらの2つのネットワークタイプで必要となる等化器は同じではない。そのため、異なるDGE/DCE技術が用いられることが一般的だ。これらの市場に適用されるDGEの主な特長は表1にある通り。

これはすべてを含んだリストではないが、特定アプリケーションでDGE/DCEを評価する場合の主要特性の一部を掲載している。

DGE市場の成長は、LH、ULHなどの光通信ネットワーク、データレートの高まりの見通しに依存する。1999年から2000年にかけて、長距離ネットワークが世界的に、積極果敢に光ファイバの敷設を促進した。2000年後半、インターネッ

トLHへの投資資金流入が枯渇。2008年の今、ファイバの利用率は増加傾向にある。未使用だったファイバ(ダークファイバ)の利用への転換が大きく伸びており、DWDMを利用したチャンネル数の増加が見られる。10Gbps/ch容量の20%以下しか使われないのが一般的だった。

2001年にインターネットへの投資が激減した後、2002年にかけてこの業界に対する投資は緩やかに増加し、それ以来、成長は結果的には力強くなった。DGE需要は、40Gbpsチャンネルの導入にとともに加速する。40Gbps装置の導入は遅れている。ElectroniCastは、DGE市場見極めて予測を立てながら、主にスタンドアロンのDGE/DCE製品にフォーカスしている。OADMもチャンネル等化機能を実装していることがあるが、これは光パワーレベル検出器アレイの市場になる。また、VOAや可変光アンプアレイなどもある。

ベンダ各社は、アンプのパフォーマンスを最適化するダイナミック利得等化器(DGE)をリリースした。これによって、10Gbps ULHや40Gbps LH光通信ネットワークでは大幅なコスト削減が可能となる。DGEによってパフォーマンスが改善されたシステムはアンプを利用することで信号の伝送距離を伸ばし、こうすることで高価な再生装置間の距離を拡大することができる。利得平坦化フィルタを用いた固定補償法は利得傾斜(ゲインチルト)には対応していないので、大きな残存リップルが出る。この両方ともアンプの多段接続では許容できないソバ

ーレベルとなりうる。対照的に、0.1dBのアッテネーション分解能を持つDGEは、こうした不完全さを動的に補償することができる。

DGEはまた、システムパフォーマンス改善にも使用できる。ラマン増幅のような場合の特殊設計に最適化されたスペクトラル特性を調整する。また、DGEはシステムライフにおけるパフォーマンス変動に対する補償、温度変化やコンポーネントの経年変化などによる動作条件の変動に対する補償も行う。

2008~2013年の光通信市場では、DGEの消費は次の要素に依存する。

- ・LH/ULHファイバもしくはチャンネル数の拡張
- ・DGEの想定需要対実需要
- ・DGEのメトロシステム用途
- ・DGEの価格

DGE/DCEのテストと評価にしたがい、メトロシステムDCEの改善は進んでいく。動的チャンネル/バンドプロビジョニング製品が使用に耐えるスペックで、また適切な価格帯で実現されると、スピード(応答時間)が重要視されるようになる。必要に応じて波長の挿抜が行われるメトロ市場では、LH/ULHと比べると、個別のチャンネルイコライザ(DCE)により大きな需要が出る可能性がある。インテリジェントなOADM個別チャンネルイコライザを実装し、適切に集積されたDCEがメトロDWDM市場では価値のある資産になりうる。ローコストとともに性能限定の小型アンプもメトロシステムでは考慮されており、さらに

コストを下げた機能限定バンドイコライザもメトロシステムに実装されて、小型アンプやOADM信号の調整に使われるだろう。

メトロのチャンネルイコライザにSOAの採用を考えている企業もある。ノイズレベルがEDFAに匹敵する(6~7dB)新しい、次世代SOAが開発されている、これらは前世代のSOAのノイズ(NF)レベル、9dBよりも大幅に特性が改善されている。この低いNFのSOAは、メトロ用の小型アンプ、個別チャンネルイコライザとしても使用できる。

DGEの当初の目的は、一本の光ファイバに伝送される様々な波長のパワーレベルを、それが光アンプに入る前に自動的に調整、あるいはその名が示すとおり等にすることだ。光アンプのチャンネル利得特性は、アンプ内の様々なゲインステージへの入力波長数とパワーレベルに依存する。波長が違えばパワーレベルが異なるので、アンプの波長の利得分布も変わり、増幅される各波長の利得特性が変わることになる。波長に依存するこの動的な違いによって受信信号品質に違いが出る、つまり受信信号のビット誤り率に影響が出る可能性がある。各波長を常時モニターすることで、DGEは一般的には信号を減衰させることで利得の大きさを適切に調整し、入力信号特性全体を光アンプの中で適切に均衡させる。

集積機能レベルが高いOADMは、挿入信号の大きさがドロップ信号の大きさと同じになるように調整することによってOADMは、そのモジュールがネットワークのどこ

に置かれているかに関係なく、自動的に波長挿入ができる。

DGEは、クローズドループ光パワーレベル制御システムが実現できるように、様々なモニタや制御機能を持っている。スロープ補償は、一般に利得プロファイルの傾斜が変えられるような1つの制御点を持っている。バンド補償器は、多くのチャンネルをカバーする利得エンベロープを持っていて、バンド内の隣接チャンネルの利得もしくは減衰を調整して一定レベルにする。最も包括的なDGEは個別チャンネルタイプだ。DGEは、個別のITU波長毎のパワーレベルをモニタし制御する。

ダイナミックスペクトラルイコライザ、ダイナミックチャンネルイコライザ、ダイナミックゲインイコライザという言葉が使われているが、これは入れ替え可能である。ElectroniCastは、通常DGEという用語を用いて異なるタイプの等化技術に言及している。DGE、DSEあるいはDCEの目的、機能は次のリアルタイム条件での補償である。

- ・多段のアンプで累積したゲインチルト
- ・ダイナミックな動作条件(ROADM、チャンネル増設など)の変化
- ・多段アンプにおける累積ゲインエラー
- ・環境条件の変化
- ・システムコンポーネント(レーザ、

アンプ、MUX/DEMUXなど)の特性の経年変化

システムアーキテクチャとシステム内の設置場所により、様々なDGE技術がある。これらは、利得等価要求に見合う形で実装される。ElectroniCastによると、DGEは次の表2のように3つの基本カテゴリーに分けられる。

表2は、DGEタイプに関連した技術のリストでもある。これは完全なリストではないが、各タイプの主な技術を示している。また、これらの中には技術の下位分類を示しているものがあり、これによってメカニズムが明らかになり、特定のメーカーが明らかになる場合もある。

DGEタイプの選択は、必要な制御量、等価するチャンネル数、動的変動条件、あるシステムアーキテクチャに適用できるコストモデルに基づいている。2008年、DGEは次世代光システムで重要な役割を果たしている。市場機会に精通しているベンダは競合に対してアドバンテージを持つことができる。ElectroniCastのDGE市場予測と技術分析は、波長数が増え、その波長をダイナミックにプロビジョニングするためのシステムデザインやダイナミックモニタ、制御によって促進されるDGE需要にフォーカスしている。また、様々なDGE技術、それに関連する特長、得失なども紹介している。

特長	LH/ULH	METRO
等化方法	バンド/利得プロファイル	チャンネル
チャンネル数	フル C/L バンド @ < or = 50 GHz 間隔	約 16 @ < or = 100 GHz
応答速度	中	高速
サイズ	小
価格	低~中	低

表1

DGEタイプ	主な特長	技術
個別チャンネルイコライザ	個別ITUチャンネル調整	AWG, グレーティング, TFF, MEMS, 液晶
波長バンドイコライザ	隣接 ITU チャンネルグループの調整	AO, TFF, ブラッググレーティング, 液晶
利得プロファイルイコライザ	全 ITU チャンネルの利得プロファイル一括調整	ハーモニックフィルタ, MZ スロープ補償器

表2