

国際海底ケーブルの100Gbps化について

Pacnet Global Singapore

Hideo Ishii

1. fiber pairの効率性を高めたい

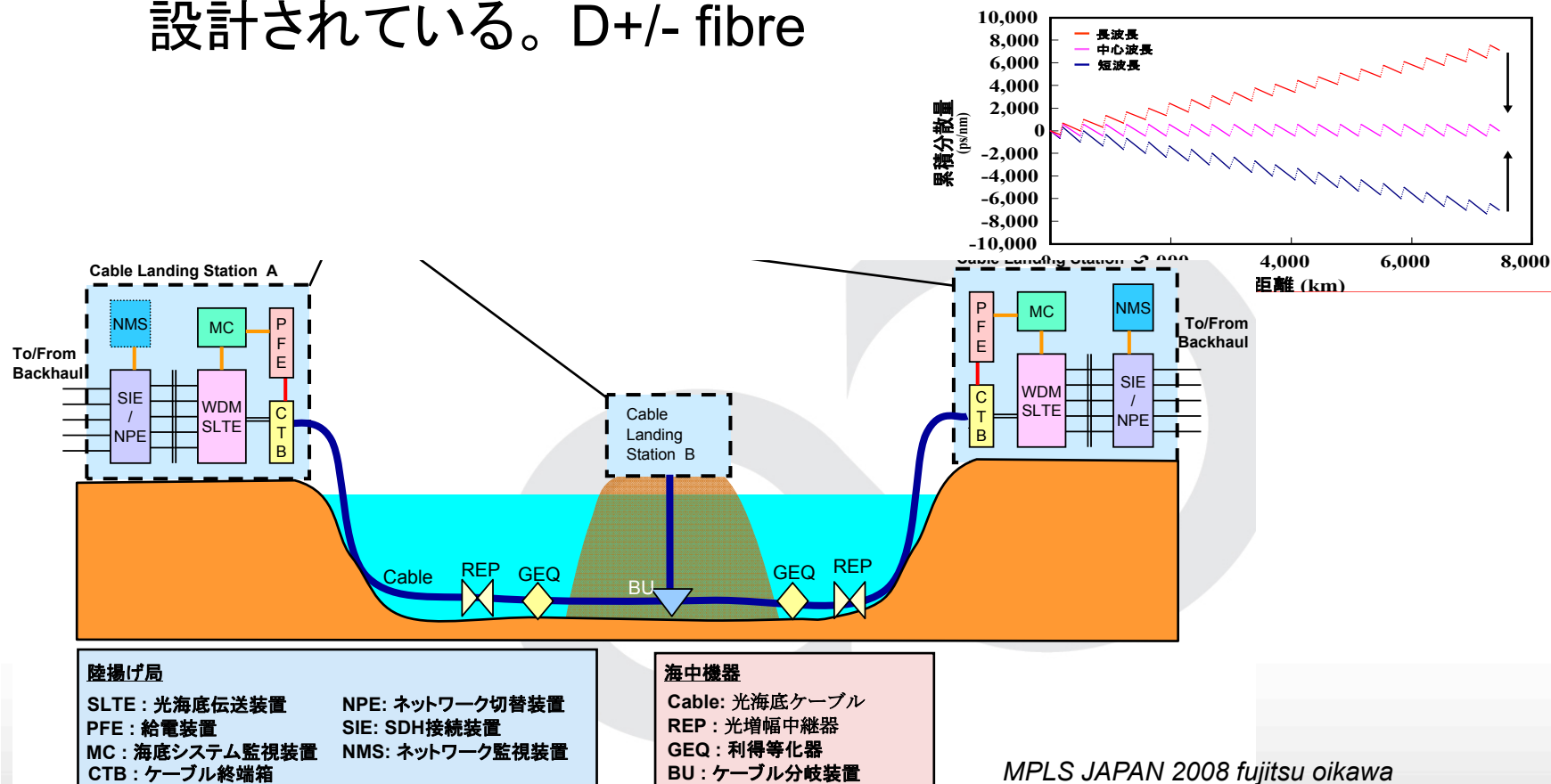
Bit Rate (Gbps)	Carrier Spacing (GHz)	Spectral Efficiency (b/s/Hz)
10	50	0.2
10	33	0.3
40	50	0.8
40	33	1.2
100	100	1
100	80	1.25
100	50	2
100	40	2.5

2. 40G/100G Client Interfaceの要望

というか、なぜ今まで**100G** (line side) が商用の国際海底ケーブルシステムでは一般的でなかったのか？

運用されている国際海底ケーブルは、100Gに対応できなかった。

1. 海底ケーブルシステム、光信号システムは、デジタル信号1 or 0をそのまま光信号に変調する(OOK – On-Off Keying)を基に設計されている。D+/- fibre

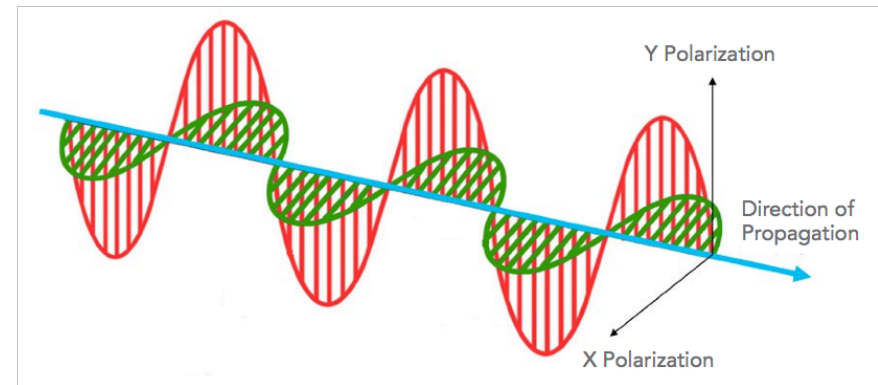
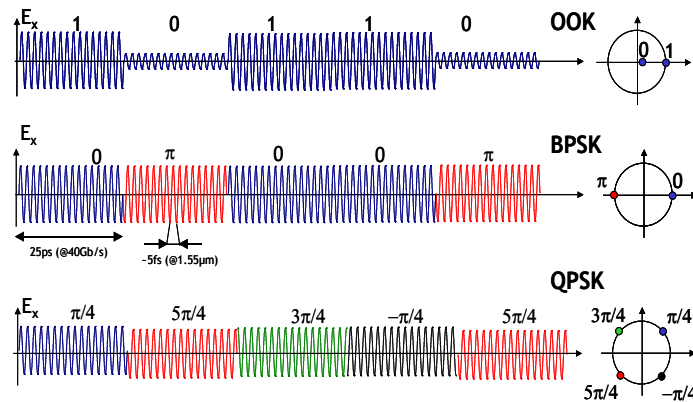


MPLS JAPAN 2008 fujitsu oikawa

OOK向けで設計された、そんなレガシーな海底
ケーブルシステムで、どうやって100Gを導入する
の??

- Optical Transport Network (OTN)
 - 100G STM1024はITU-T G.707では標準化されて~~いない~~が、100G OTU4はITU-T G.709で標準化されている
- Digital Coherent Technology
 - Digital Signal Processor (DSP)の処理により、分散補償処理が柔軟で強力
- Soft Decision Forward Error Correction (SD-FEC)
 - 強力なFEC処理で、FECオーバーヘッドも20-25%と大きい

- Modulation技術
 - OOK方式から、X Polarization / Y Polarizationで多重して大容量を実現



チャネル幅、100GHzのBPSK (binary Phase-Shift Keying)で2の位相で送るなら、25GHz、16QAMの16位相で送ったら、32倍のspectrum efficiency
Super Channelっていう、光スペクトルの間を狭めて、もっと効率的に送る技術もある。

Optical Transport Network (OTN)

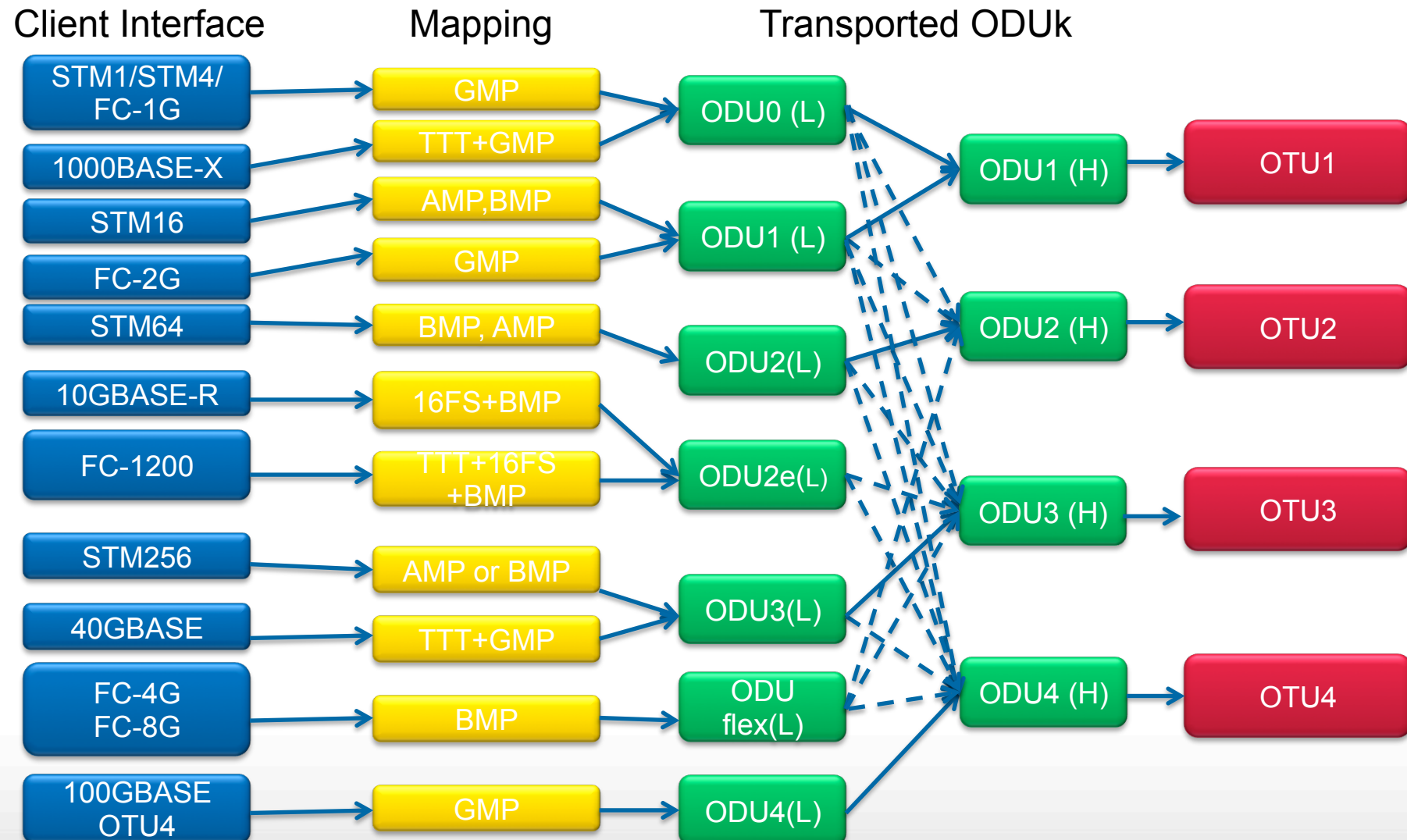
Function	OTN	SDH
DWDM	Part of the basic frame work	Not part of SDH
FEC	Supported	Not supported
Standardized Protection	Linear, Ring Mesh is working in progress	Linear, Ring
Client rates	1Gbps – 100Gbps (> 100Gbps will be standardized in the future)	2Mbps (1.5M SONET) to 40Gbps (no plan to standardization for > 40Gbps)
Synchronization of transport nodes	Free Running	Typically part of synchronization hierarchy
TCM (Tandem Connection Monitoring)	6 Layers – Cleanly defined	1 Layer
Client signal transparency	Bit and timing	Bit and Timing
Recommendation	ITU-T G.709 etc..	ITU-T G.707 etc..

OTUk and ODUk Overhead (k = 0,1,2,2e,3,4)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15
1	FAS ("F6F6F6282828")						MFAS	SM			GCC0 OTUK		RED OTUK		Mapping & Concat. Specific	
2	RES ODUK		DM	TCM ACT	TCM6			TCM5			TCM4			FTFL		
3	TCM3			TCM2			TCM1			PM			EXP			
4	GCC1 ODUK		GCC2 ODUK		APS/PCC ODUK				RES ODUK							

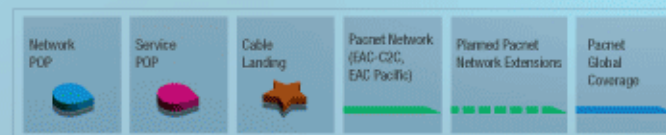
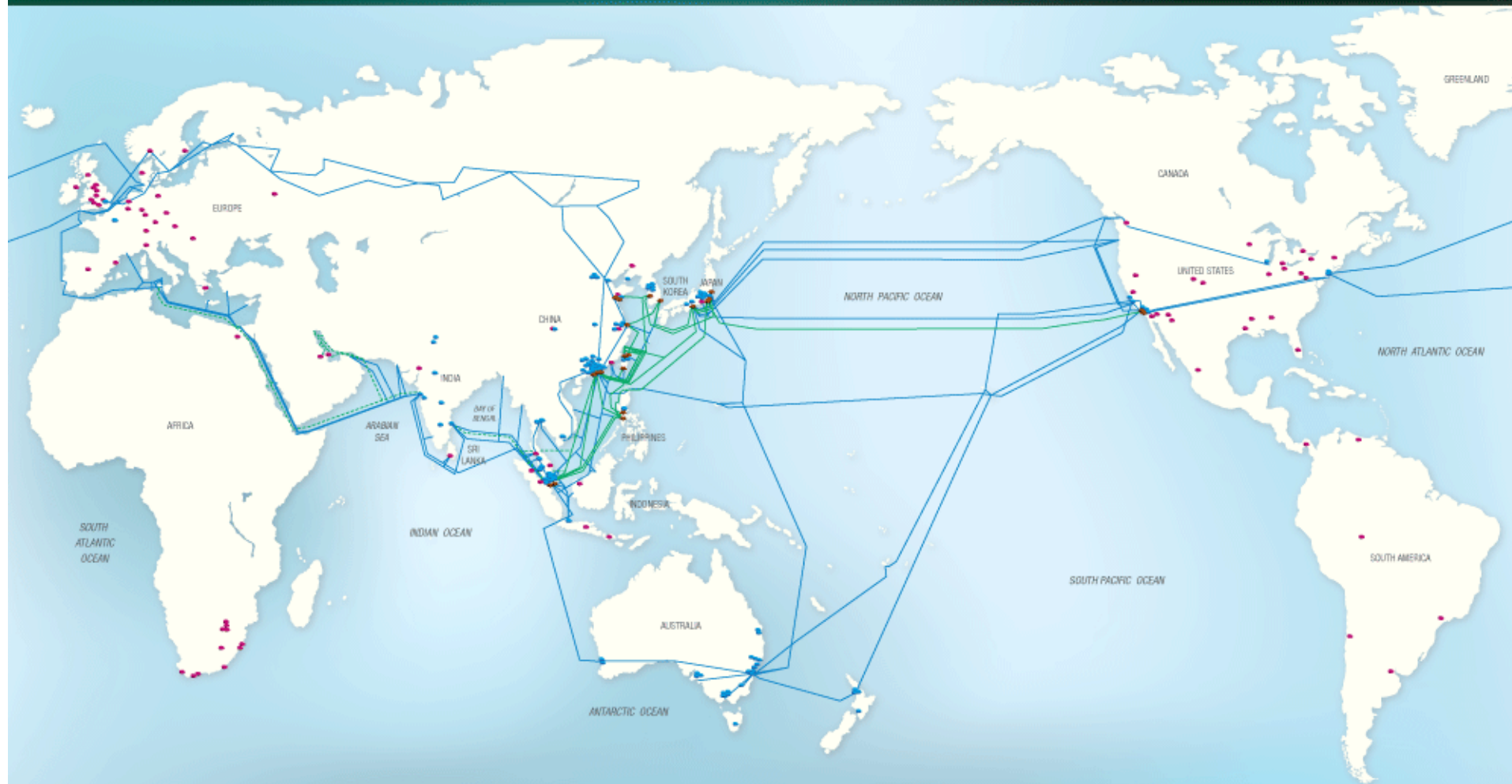
ACT	Activation / Deactivation Control channel
APS	Automatic Protection Switching coordination channel
EXP	Experimental
FAS	Frame Alignment Signal
FTFL	Fault Type and Fault Location reporting channel
GCC	General Communication channel
DM	Delay Measurement
MFAS	Multi-Frame Alignment Signal
PCC	Protection Communication Control channel
PM	Path Monitoring
PSI	Payload Structure Identifier
PT	Payload Type
RES	Reserved for Future International Standardization
SM	Section Monitoring
TCM	Tandem Connection Monitoring

Client mapping and Multiplexing



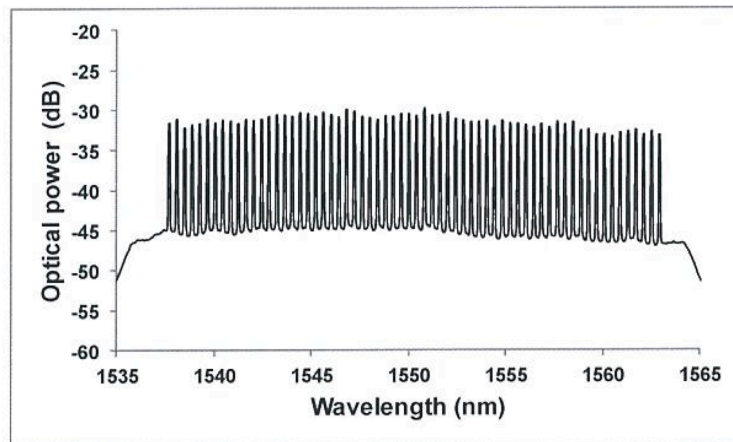
100G Technologies for Ultra & Long Submarine Cable System

POWERING A CONNECTED ASIA
OUR GLOBAL NETWORK



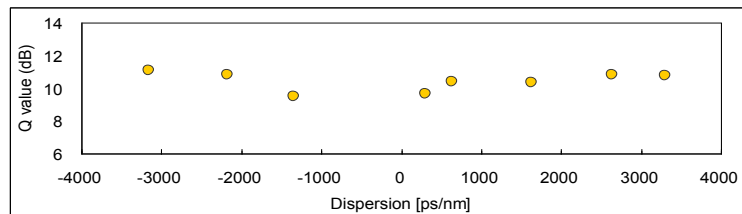
- 100G (40G) Line システムを長距離光回線システムに導入するに際して、実際の伝送品質を調査し、DWDM (SLTE)がその品質で導入可能かを検証する。
 - OSNR (Optical Signal to Noise Ratio)
 - 非線形効果
 - 波長、偏波モード分散補償
 - 誤り訂正
 - Q値
 - などなど

- 実際の海底ケーブルに測定レーザを入れて、OSNRを測定

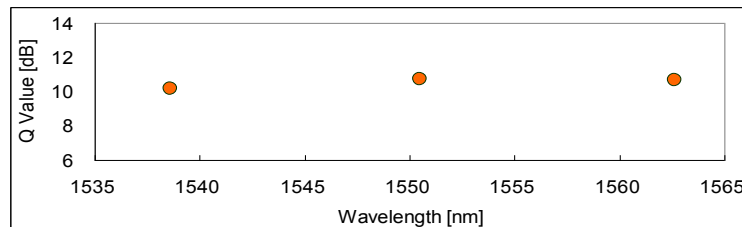


- 実際のOptical Fibre + RepeaterのQ値を測定し、伝送装置のFECリミットと比較する

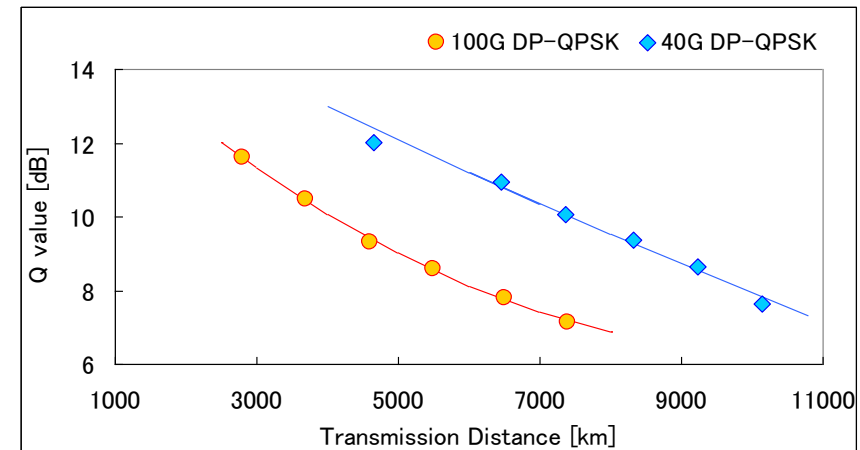
既存の海底ケーブルでつかわれている、NZ-DSF(Non-Zero Dispersion Shifted Fibre) 又は、長距離ケーブルとリピータによる物理的制限や、増幅時の雑音、非線形効果などを発生させ、その劣化分をDWDMが十分補償できず、Q値を出せないことがある。



(a) NZ-DSF line



(b) DMF line



Ref : EC04_Poster_77 SubOptics2013

- いろいろな検証実験、運用試験、などなどを行った上で、ベンダー、技術などを決定する
- 1. Soft-Decision (SD)FECは、比較的新しい技術
- 2. ケーブルの物理的長さは、大きな影響を与える
- 3. Spectrum efficiency (spectrum spacing 100GHz or 80GHz..)
- 4. 今後のRoadmap
- 5. 信頼性

100G/40G/10G

Client Interface Specifications



Speed	Specifications	Ethernet	OTN	SDH
10G	Standards Compliance	IEEE802.3ae	G.709	G.707
	Interface Protocol	10G Ethernet WAN/LAN Phy	OTU2/OTU2e	STM-64
40G	Standards Compliance	IEEE802.3ba	G.709	G.707
	Interface Protocol	40Gigabit Ethernet	OTU3/OTU3e2	*STM-256
100G	Standards Compliance	IEEE802.3ba	G.709	N/A
	Interface Protocol	100Gigabit Ethernet	OTU4	N/A

*Not offered at the moment

- OTNでは、キャリアズキャリアのような利用の為、TCM (Tandem Connection Monitoring)というフィールドがあって、最大6タンデム接続まで対応可能

ITU-T Rec. G.798 defines three modes for TCM:

- * *
 - Operational mode
 - In Operational mode, the TCM information is extracted from the TCM field and used to trigger actions such as alarm generation, switching action, etc.
 - Transparent mode
 - In Transparent mode, the TCM information is passed through without change (i.e., transparently) and no processing is performed.
 - Monitoring mode
 - In Monitoring mode, TCM information is processed to recover defects and status information, but is still passed through unchanged to succeeding nodes.

- OTNのヘッダーフィールドは、伝送装置間特有の制御データフィールドとして使われているケースがある。

今後、OTN Interfaceでの回線引き渡しの場合(UNI)、どんな要求がでてくるのか。

TCMはトランスペアレントなので、それをどのように使ってくるのか。

* * Optical Internetworking Forum(OIF), Guidelines for Application of OTN TCM

- 技術開発がより一層進み、超高速(400G or 1T)のLineスピードが実現
 - 海底ケーブルで敷設されるケーブルが変わる
 - Uncompensated Fibre - Coherent処理に適したファイバー特性
 - Large Core Fiber
 - 分散の補償処理向上 – 長距離伝送
 - Coherent技術
 - FEC
 - Raman?
 - DPSK -> QPSK -> 8QAM -> 16QAM -> 32QAM -> 64....
 - Q値改善によって、波長効率向上
 - 100GHz --> 25GHz / 100G???
 - SuperChannel
 - より効率的にスペクトラムを構成

終わり