
光伝達網(OTN)の基礎と 最新標準化動向

2010年11月1日

NTT未来ねっと研究所
大原 拓也



アウトライン

- はじめに
 - ▶ OTNとは
 - ▶ 光伝送装置の役割とその変遷

- ITU-T勧告G.709(OTNインタフェース)
 - ▶ ITU-Tとは
 - ▶ OTNの規定内容
 - ▶ OTNのバージョンの変遷

- OTNの拡張
 - ▶ 課題と拡張のキーポイント, 多重化階梯
 - ▶ 日本からの標準化貢献
 - ▶ 今後のOTNのトレンド

- まとめ

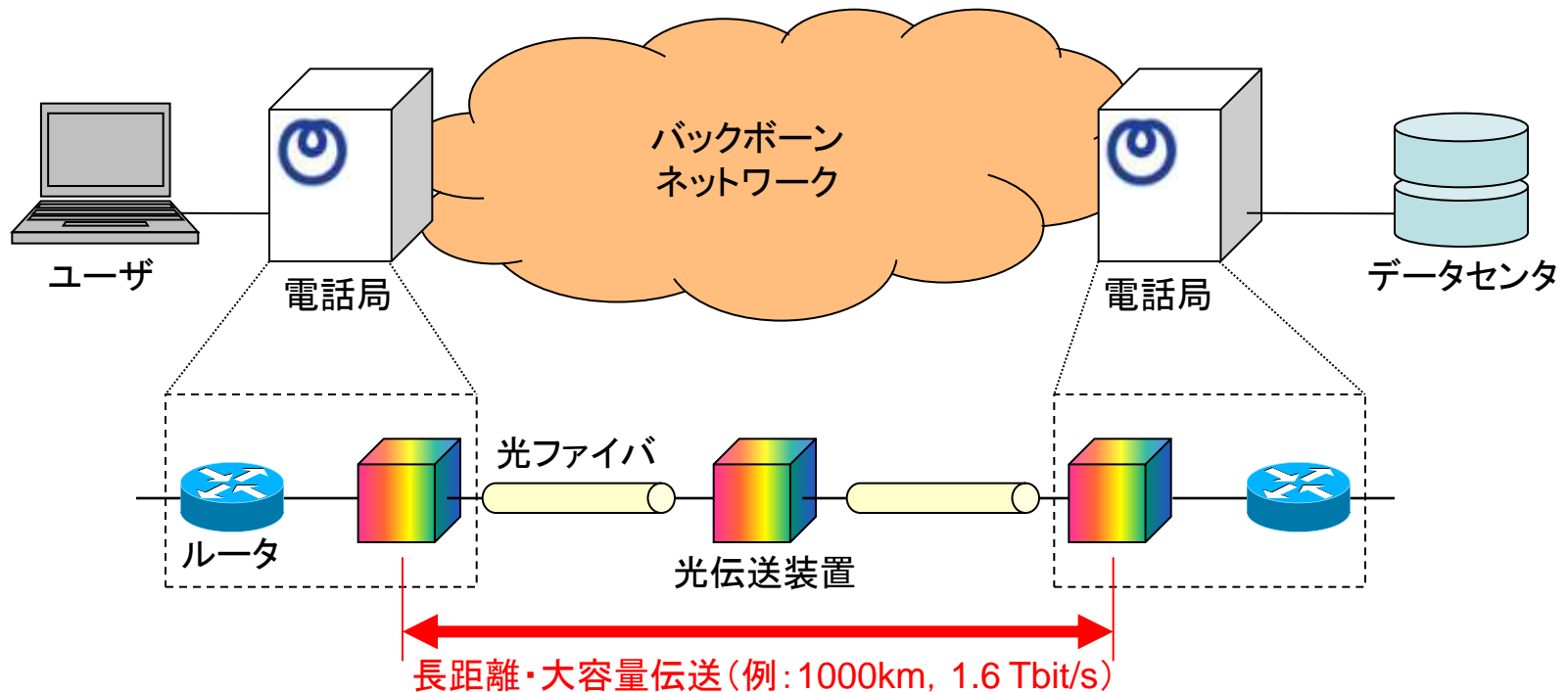
OTNとは

■ OTNとは何なのか？

- ▶ OTN(Optical Transport Network; 光伝達網)とは国際標準化機関ITU-Tで規定される通信規格

■ どこで使われているのか？

- ▶ 長距離(国内, 国際; 数百~数千km)にわたって大容量の情報を伝達する光伝送装置で用いられている

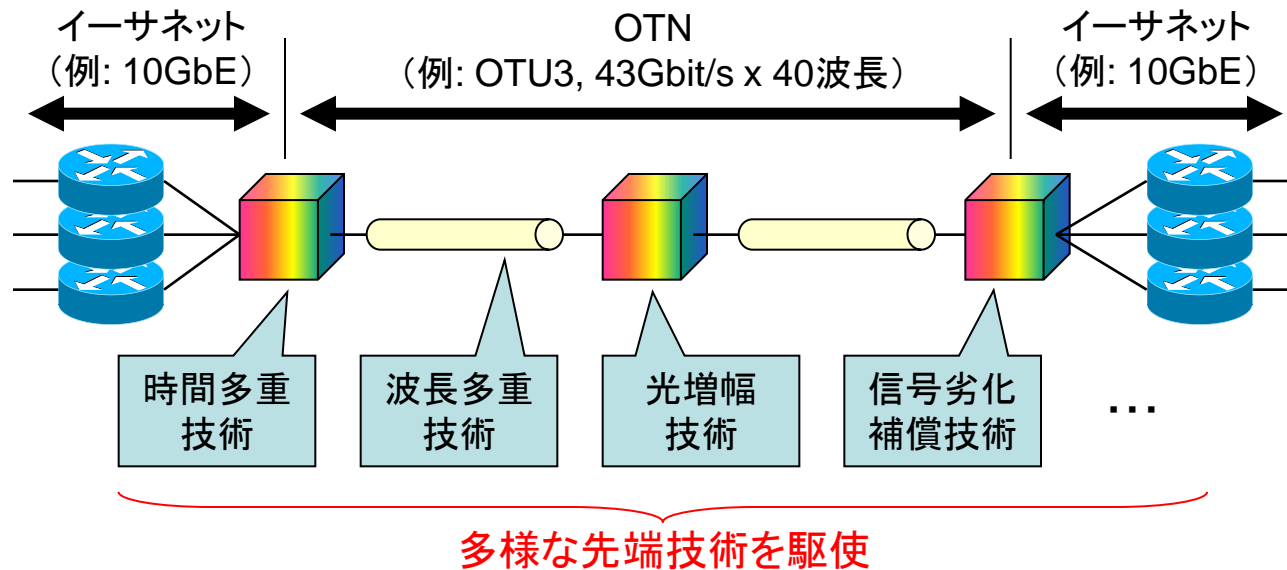


光伝送装置の役割

■ 長距離・大容量通信を信頼性高く経済的に実現

▶ 例えば

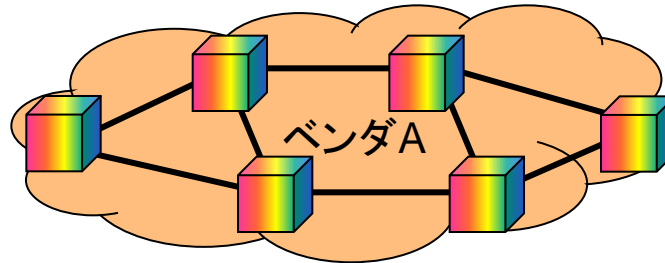
- 10 Gbit/s x 80波長 = 800 Gbit/s
- 40 Gbit/s x 40波長 = 1.6 Tbit/s
- (近い将来) 100 Gbit/s x 80波長? = 8 Tbit/s



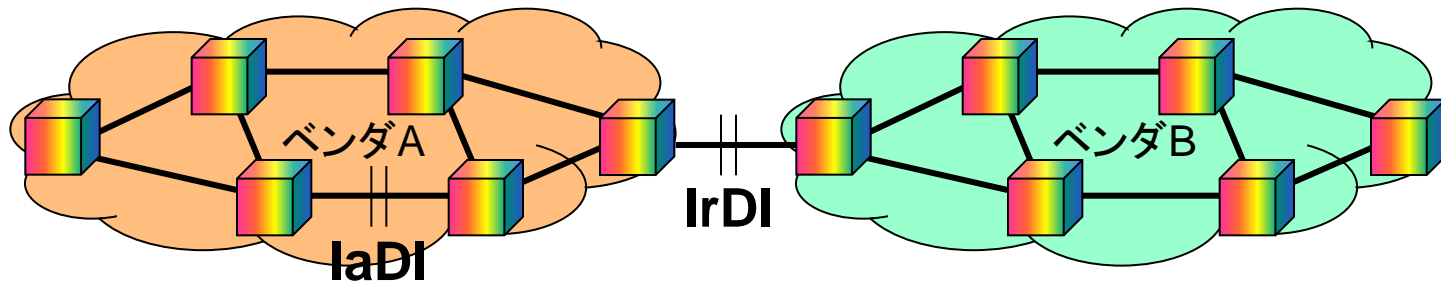
「光伝送装置」のカルチャ

■ 同一ベンダの装置によるネットワークの構成

- ▶ 長距離，大容量伝送を実現するために性能を追及していく.
- ▶ そのために伝送路許容損失規定，変調方式，誤り訂正符号の種別など独自の設計，実装を行なう.
- ▶ よって異ベンダの装置間の対向は困難.

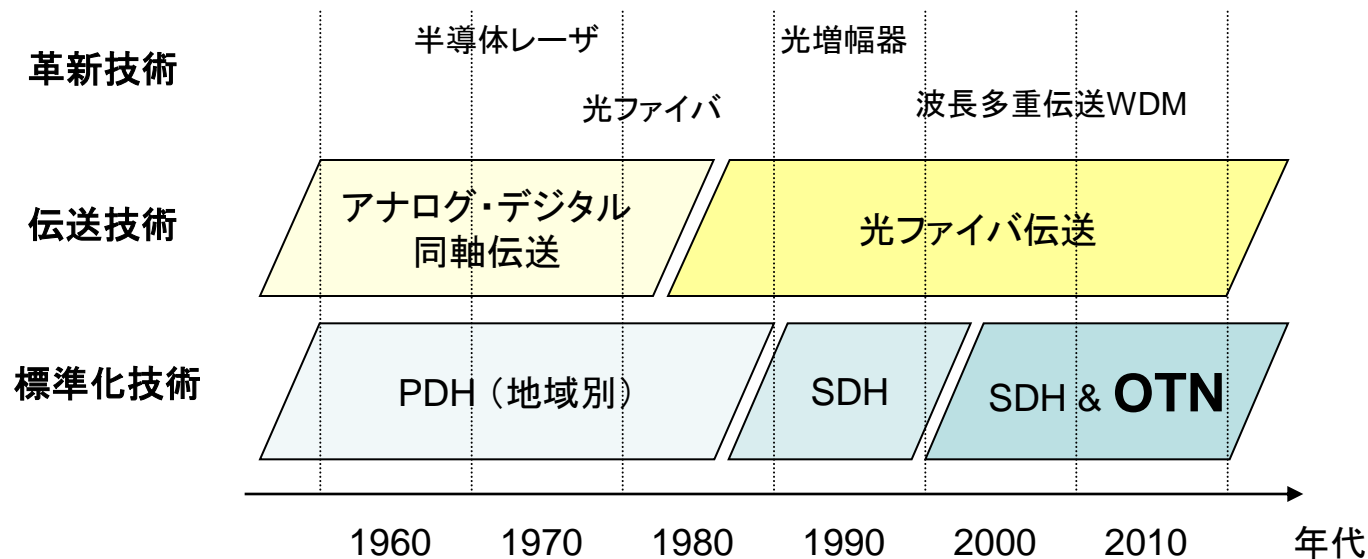


- ▶ とはいえ，相互接続も必要である.
- ▶ Inter-domain interface (**IrDI**), Intra-domain interface (**IaDI**)



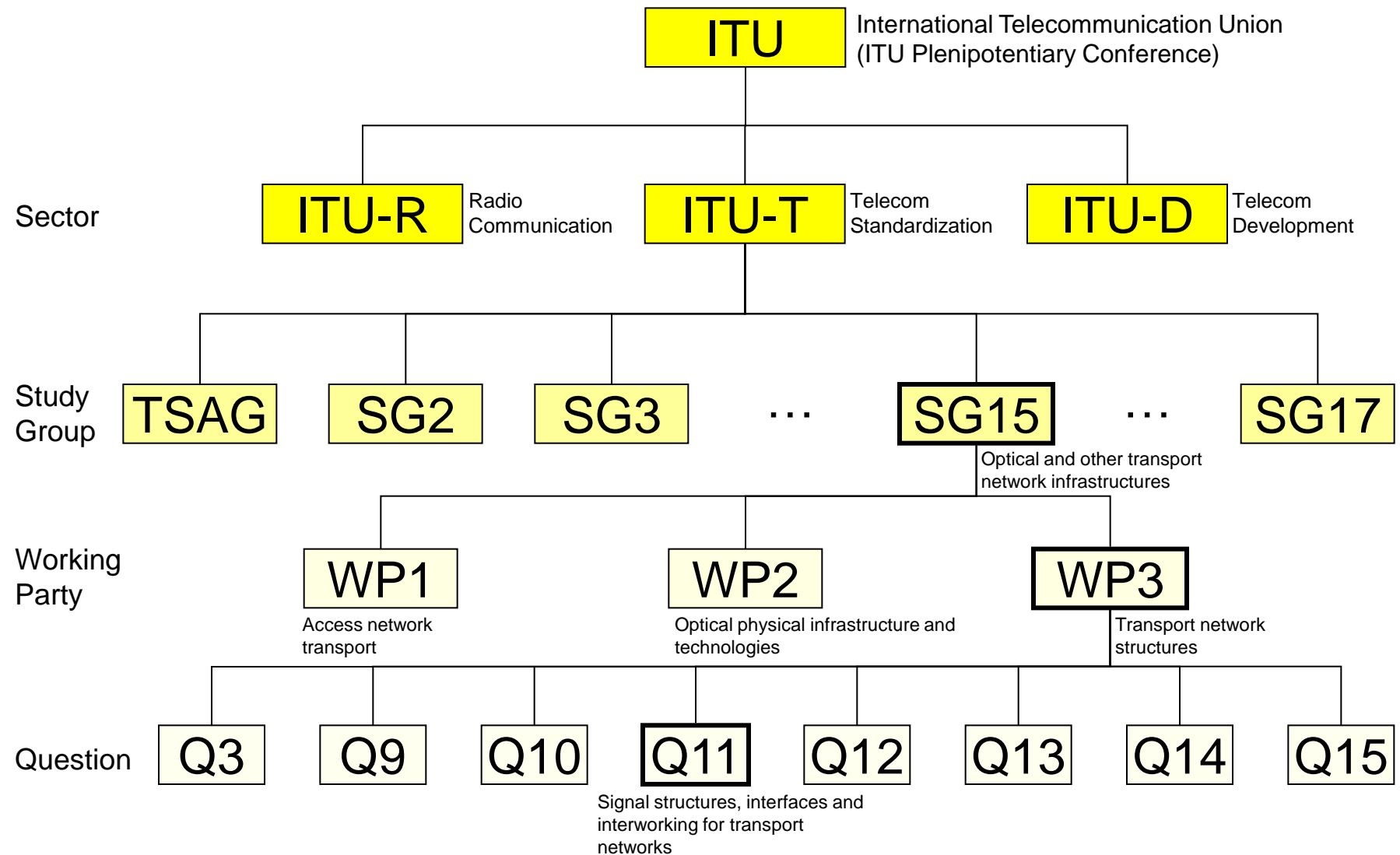
伝送技術と標準化技術の変遷

- 半導体レーザや光ファイバなどの革新技術が生み出されてきた
- 数々の革新技術により伝送技術が進展し、同軸ケーブルを用いた伝送から光ファイバを用いた伝送に移り変わった
- そして伝送技術の進展に対応して標準化技術が規定されてきた



PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy, 非同期多重化階梯
SDH: Synchronous Digital Hierarchy, 同期多重化階梯

ITUの組織構成



SG15(2009-2012会期)の構成

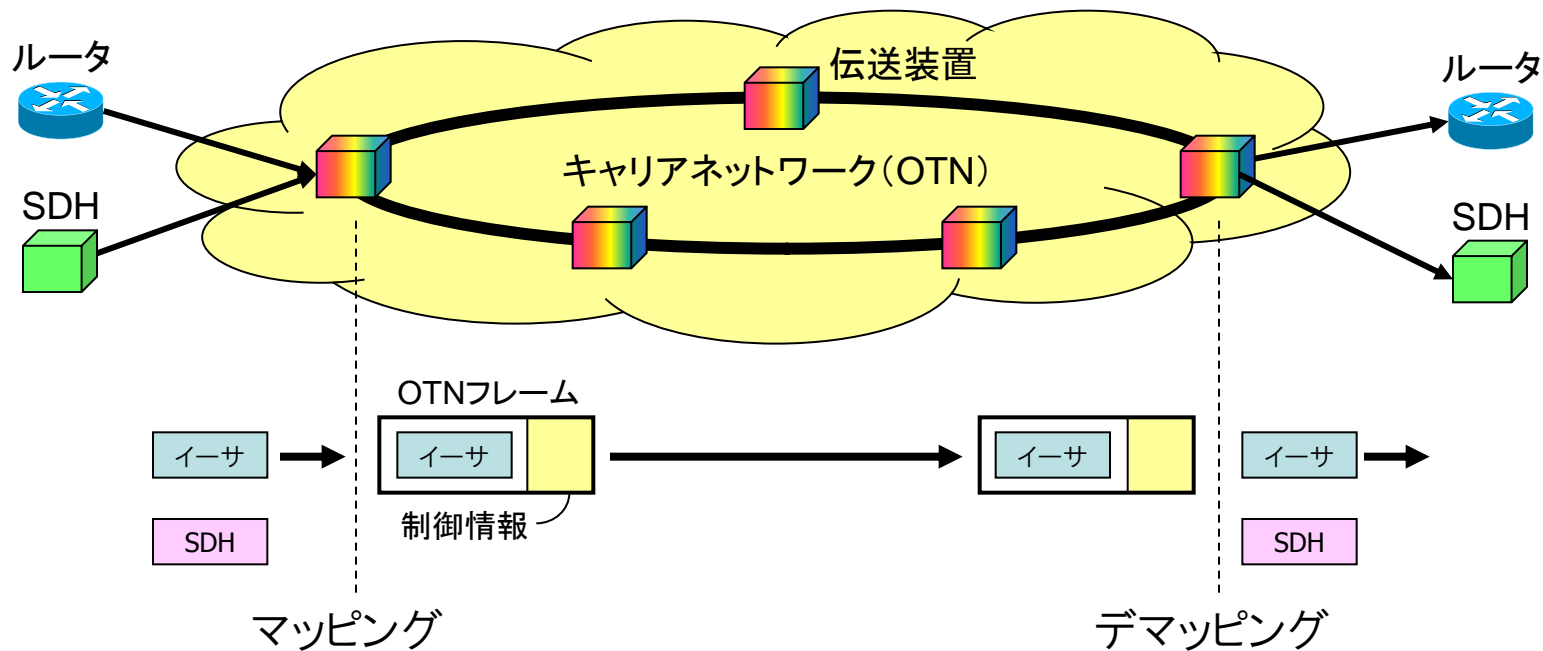
■ SG15は光ネットワーク関連の標準化を担当

| WP | WP title | Questions |
|-----|---|--|
| WP1 | Access network transport | Q1/15: Coordination of Access Network Transport standards Q2/15: Optical systems for fibre access networks Q4/15: Transceivers for customer access and in-premises networking systems on metallic conductors |
| WP2 | Optical physical infrastructure and technologies | Q5/15: Characteristics and test methods of optical fibres and cables Q6/15: Characteristics of optical systems for terrestrial transport networks Q7/15: Characteristics of optical components and subsystems Q8/15: Characteristics of optical fibre submarine cable systems Q16/15: Optical physical layer Q17/15: Physical network planning Q18/15: Development of optical networks in the access area Q19/15: Protection and security of other aspects of outside plant |
| WP3 | Transport network structure | Q3/15: General characteristics of transport networks Q9/15: Transport equipment and network protection/restoration Q10/15: Transport network OAM Q11/15: Signal structures, interfaces and interworking for transport networks Q12/15: Transport network architectures Q13/15: Network synchronization and time distribution performance Q14/15: Management and control of transport systems and equipment Q15/15: Test and measurement techniques and instrumentation |

Optical Transport Network (OTN) とは

■ 波長多重 (WDM) 伝送網に対応した転送技術

- ▶ 波長多重信号の管理を意識した監視制御系
- ▶ SDH, イーサネット等さまざまなクライアント信号を收容し転送するためのビットレートやマッピング方式



OTNに收容することで高信頼な広域転送を実現

OTNのフレーム構造とビットレート

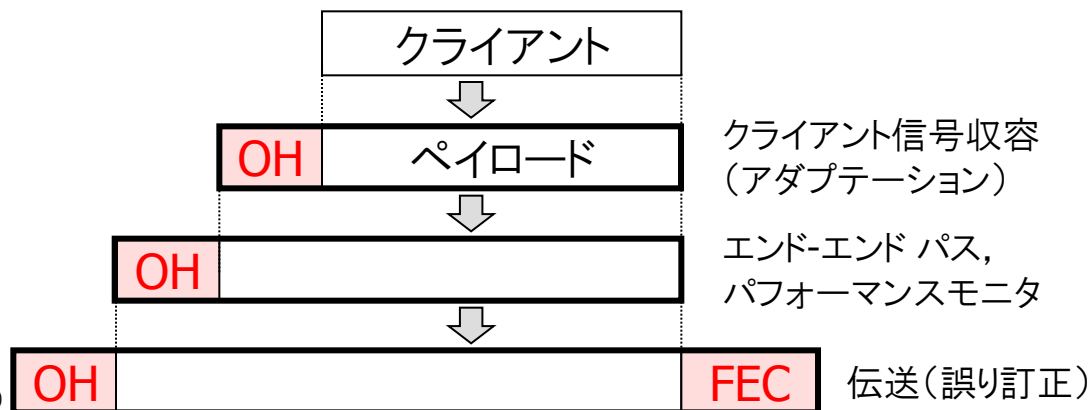
- クライアント信号に**保守オーバーヘッド(OH)**と**誤り訂正バイト(FEC)**を付加して広域転送する

クライアント信号
(SDH, イーサネット等)

OPUk
(Optical Channel Payload Unit-k)

ODUk
(Optical Channel Data Unit-k)

OTUk
(Optical Channel Transport Unit-k)



- OTN(G.709, 1.0版)では3種類のビットレートが規定された

Table 7-1/G.709/Y.1331 – OTU types and capacity

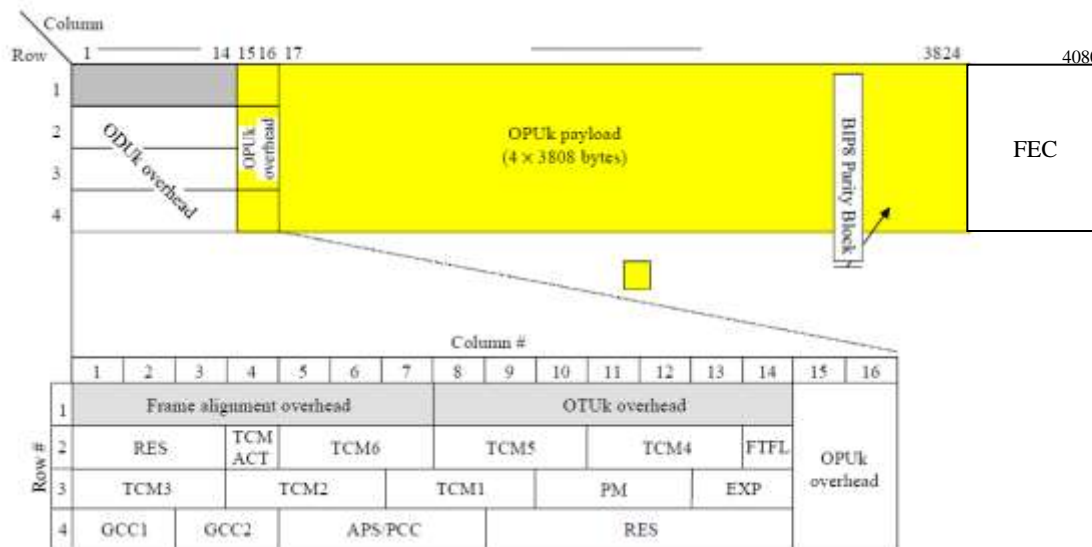
| OTU type | OTU nominal bit rate | OTU bit-rate tolerance |
|----------|--------------------------------------|------------------------|
| OTU1 | $255/238 \times 2\,488\,320$ kbit/s | ±20 ppm |
| OTU2 | $255/237 \times 9\,953\,280$ kbit/s | |
| OTU3 | $255/236 \times 39\,813\,120$ kbit/s | |

NOTE – The nominal OTUk rates are approximately: $2\,666\,057.143$ kbit/s (OTU1), $10\,709\,225.316$ kbit/s (OTU2) and $43\,018\,413.559$ kbit/s (OTU3).

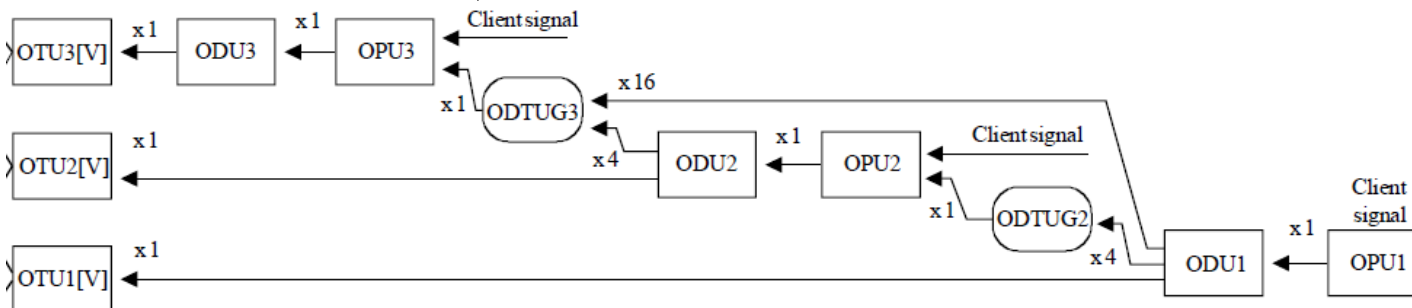
OTNの概要

■ ITU-T G.709 “Interfaces for the Optical Transport Network”

▶ フレームフォーマット



▶ 多重化階梯 (G.709, 1.0版)

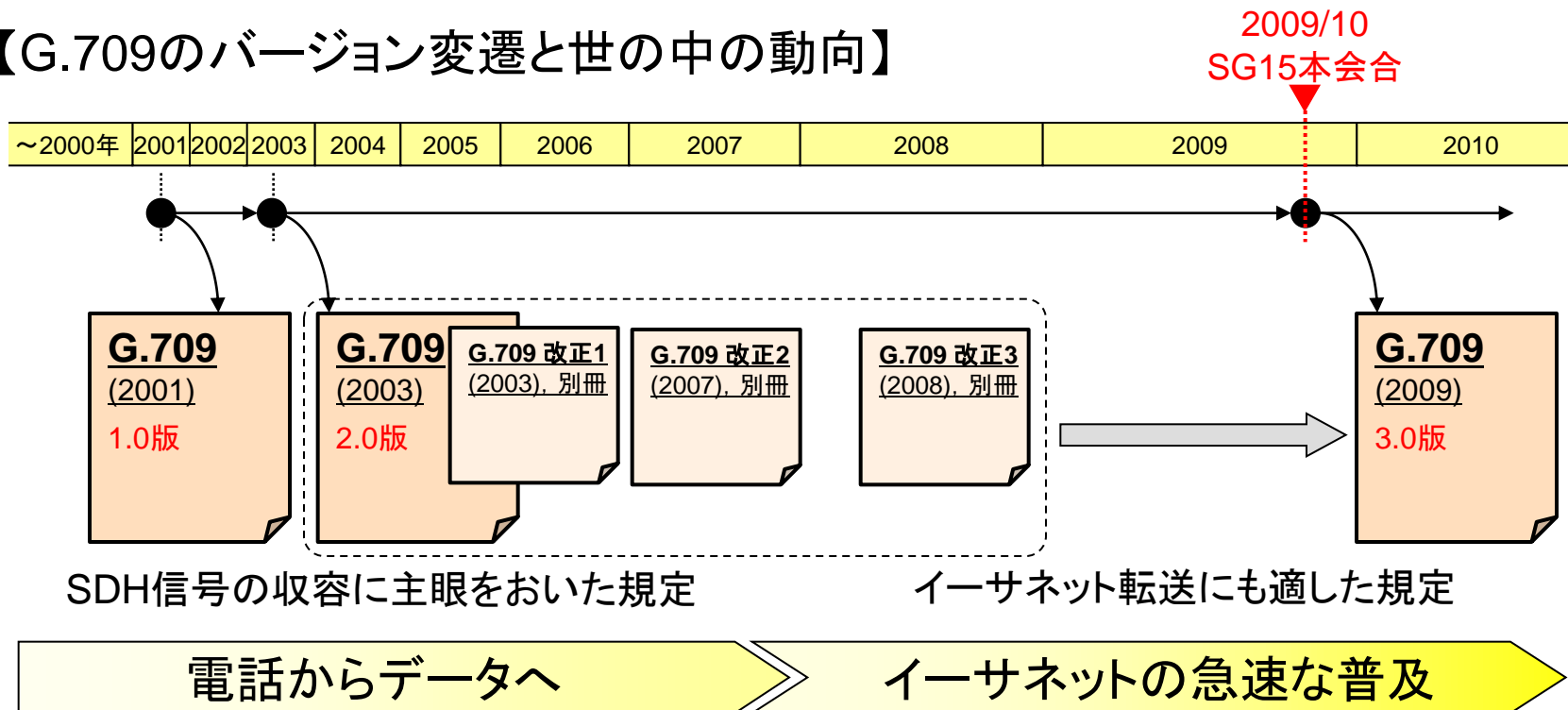


G.709/Y.1331_F7-1

勧告G.709のバージョンの変遷

- 勧告G.709 “Interfaces for the Optical Transport Network”
- OTNで用いられるフレーム構造やビットレートなどを規定.

【G.709のバージョン変遷と世の中の動向】



SDH GbE 10GbE 10G-FC 8G-FC

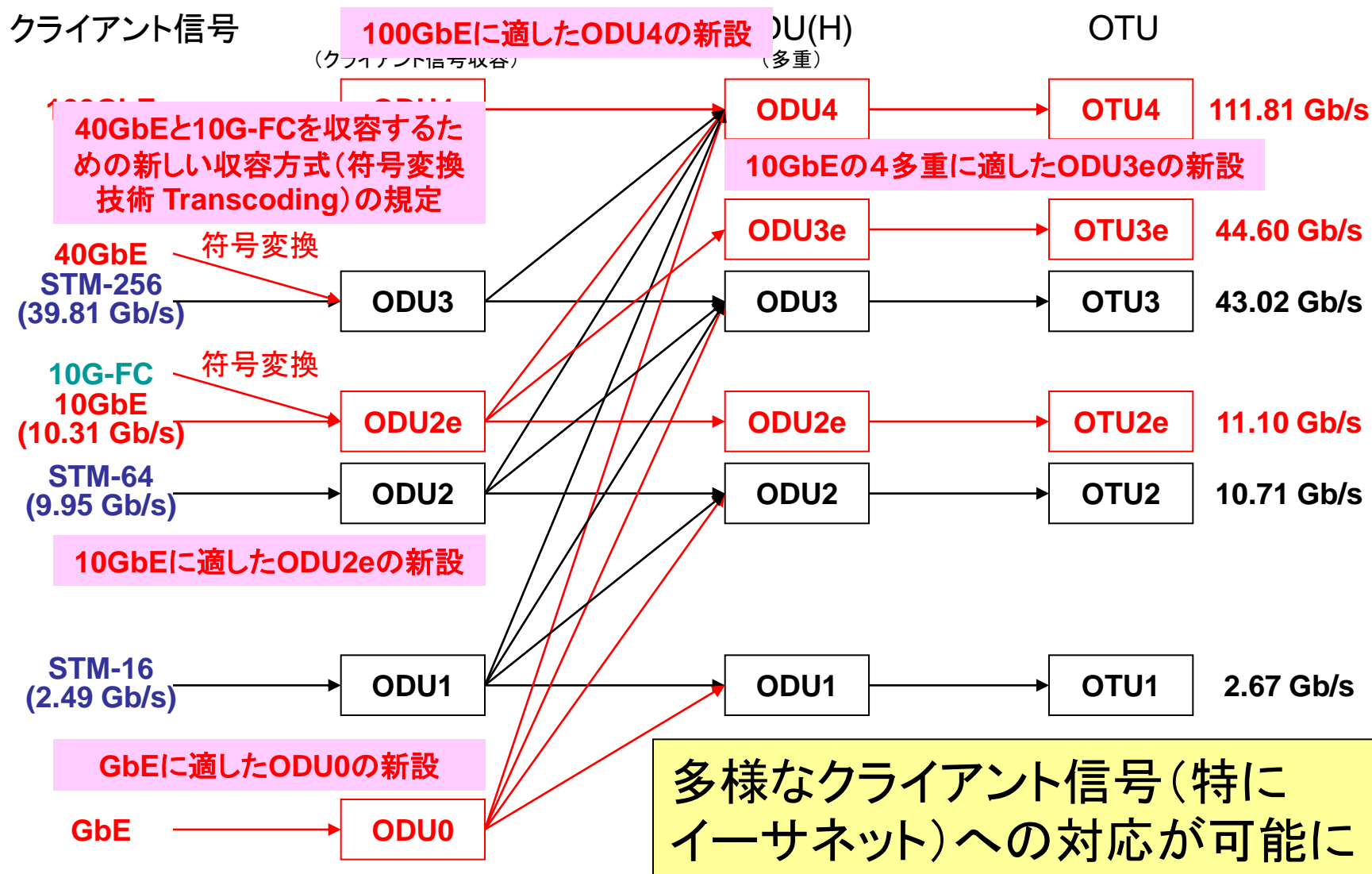
16G-FC 40GbE 100GbE

課題と拡張のキーポイント(1)

- SDHのビットレートをもとにしてOTNのビットレートを規定したため、新規に出現したクライアント信号を効率よく収容することができなくなった。
 - ▶ イーサネット(10G / 40G / 100G)やファイバチャネル(10G)が新たに出現。OTNよりもわずかにビットレートが高いなど、OTNとの整合性が必ずしも良くない。
 - ▶ イーサネットに適したビットレートを規定するなどの拡張を行なった。

| | |
|----------------|-------------------------|
| 100GbE転送のための | 新階段 ODU4/OTU4 を規定 |
| 40GbE転送のための | 符号変換技術(Transcoding)を規定 |
| 10GbE転送のための | ODU2e を標準に昇格 |
| 4x 10GbE転送のための | ODU3e/OTU3e を規定 |
| GbE転送のための | 新階段 ODU0 を規定 |
| FC-1200転送のための | Transcoding + ODU2e を規定 |

キーポイント(1): 多重化階梯の拡張



課題と拡張のキーポイント(2)

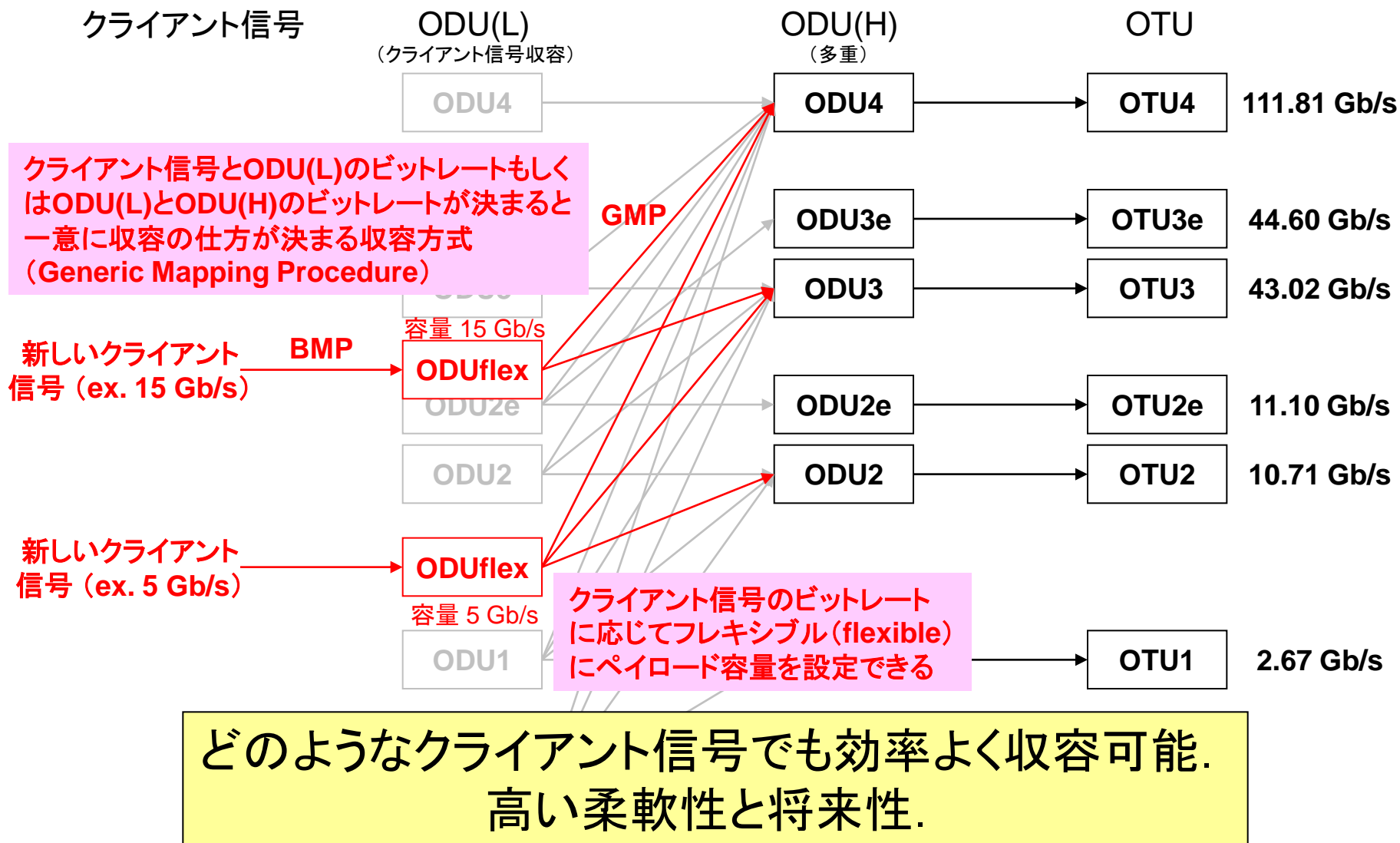
- 今後も新しいクライアント信号が出現するたびに現行規定が陳腐化してしまう恐れがある.
 - ▶ 新クライアント信号が出現するたびにOTN規格を拡張することは避けたい.
 - ▶ このような状況を抜本的に打開する方法として、今後、どのようなビットレートのクライアント信号が出現しても対応できるような汎用的な規定を設けた.

新クライアント信号転送のための

新階梯 **ODUflex** を規定
新マッピング **GMP** を規定

※GMP: Generic Mapping Procedure

キーポイント(2): 将来性を高めるODUflexとGMP



NTT/Japanの標準化活動

- イーサネット転送を重要視したOTNへの転換を主張し、継続的な寄書提案を行なった結果、数々の提案が採択された。

| トピック | NTT/Japanの標準化活動 | 標準化結果 |
|------------|--|--|
| 10GbE転送 | 10GbEのトランスペアレント転送の必要性を提案. ODU2eの詳細規定を提案. | 提案した詳細規定が勧告G.709に採用された. |
| 4x 10GbE転送 | 40G波長を用いた4x 10GbEのトランスペアレント転送の必要性を提案. ODU3eの詳細規定を提案. | 提案した詳細規定がOTN関連の補足文書G.Sup43に採用された. |
| 40GbE転送 | 既存のODU3を用いて40GbEを収容し転送するための符号変換技術の必要性と詳細規定を提案. | 提案した詳細規定が勧告G.709に採用された. |
| 100GbE転送 | 100G波長を用いたトランスペアレント転送の必要性を提案. | 提案が受け入れられ勧告G.709で100GbEトランスペアレント転送を可能とするOTU4が新たに規定された. |

OTNにおける今後のトレンド

■ 100 Gbit/s/波長

- ▶ 先進の伝送技術(デジタルコヒーレント受信技術)を用いて1波長あたり100 Gbit/sになる. 80波長の多重により1ファイバあたり8 Tbit/sが実現される見込み.

■ ODU0 (1.25 Gbit/s)単位のハンドリングが可能に

- ▶ 新たに規定された最小単位の ODU0 により1.25 Gbit/s単位で(その倍数で)クライアント信号を扱うことになる.

■ ROADM & ODU-XCによる高効率ネットワーク

※ ROADM: Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer

※ ODU-XC: ODU Cross-connect

- ▶ ROADM(光クロスコネク)とODU-XC(電気クロスコネク)を組み合わせた効率の良いネットワークを目指している.

まとめ

- OTNは波長多重(WDM)伝送網に対応した転送技術であり, OTNを用いることで多様なクライアント信号を信頼性高く広域転送することができる.
- ITU-T SG15においてOTN拡張に関する議論が進められOTNインタフェース勧告G.709の新版が合意された.
- 新版ではイーサネットとの整合性を高めるとともに, 将来性を高めるためのODUflexやGMPといった新たな規定も設けられた.
- 日本からは継続的にイーサネット転送を重要視したOTNへの転換を主張することで様々な提案が採択された.
- 1波長100G, ハンドリング単位1.25G, 光クロスコネクト & 電気クロスコネクトの併用によって効率の良いネットワークの実現を目指している.