



次世代光アクセスシステム (NG-PON2) の標準化動向

あさか こうた か に じゅんいち
浅香 航太 / 可児 淳一

NTTアクセスサービスシステム研究所

伝送容量の増大、多種サービスの収容および柔軟なネットワーク運用を目指し、現在標準化団体において活発な審議が進められている次世代光アクセスシステム (NG-PON2) の標準化動向について報告します。



将来光アクセスシステムについては、伝送容量10 Gbit/s級のPON (Passive Optical Network) システムまではIEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering) およびITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) で標準化が完了しています。最先端の光アクセスシステムとして、現在、10 Gbit/s級のPONシステムをベースに、波長多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 技術を導入し伝送容量の増大とサービス拡張性を強化した40 Gbit/s級のPONの標準化がFSAN (Full Service Access Networks)、お

びITU-T SG15/Q2 (Study Group15/Question2) で議論されています。FSANは、将来光アクセスシステムの技術について議論を行う業界団体で、合意形成された方式や技術をITU-Tに提案することで、国際標準化活動に貢献しています。



40 Gbit/s級PONシステムは、次世代光アクセスシステム (NG-PON2: Next Generation-PON2) と呼称されており、2010年にFSANで議論が開始され、ITU-TではG.989シリーズとして標準化が進められています。

G.989シリーズを構成する各勧告と標準化ステータスを表1に示します。G.989は、G.989シリーズに用いられる用語の定義を規定し、2015年7月に合意 (consent) する予定です。G.989.1は、NG-PON2のシステム要求条件を規定し、2013年3月承認 (approval) 済みであり、G.989シリーズでは現時点 (2014年12月) で唯一

勧告化が完了しています。

G.989.2は、NG-PON2の波長配置やシステムのパワーバジェットなどの物理層仕様を規定し、2013年12月に合意済みです。承認に向けた最終コメント審議において、技術課題を解決する審議に多くの時間を割いたため、2014年12月に承認されました。

また、G.989.3はNG-PON2の波長および帯域の割当プロトコルなどを含む伝送コンバージェンス (TC: Transmission Convergence) 層を規定し、2014年12月のITU-T SG15本会議でも活発な審議が行われました。このようなステータスから、G.989シリーズのすべての勧告化が完了するのは、2015~2016年となる見込みです。

■システム構成

NG-PON2のシステムイメージを図1に示します。従来のPONシステムでは、マス (一般) ユーザ向けのみにサービスを展開していましたが、NG-PON2ではマスマーザーに加えて、ビジネスユーザーおよびモバイルユーザーも同一の光アクセスシステムにより収容す

表1 G.989シリーズ各勧告と標準化ステータス

勧告番号	勧告名称	説明	標準化ステータス
G.989	40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Definitions, abbreviations and acronyms	NG-PON2 (G.989シリーズ) で用いられる用語や定義	2015年7月合意予定
G.989.1	40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): General requirements	NG-PON2の要求条件	2012年7月合意済 2013年3月承認済
G.989.2	40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Physical-layer specifications	NG-PON2の物理層仕様	2013年12月合意済 2014年12月承認済
G.989.3	40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Transmission-Convergence (TC)-layer specifications	NG-PON2の伝送コンバージェンス (TC) 層仕様	2015年7月合意予定



ることを想定しています。NG-PON2の基本システムは、従来の時分割多重 (TDM: Time Division Multiplexing) 技術に加えてWDM技術を用いたTDMとWDMのハイブリッドPON (TWDM-PON: Time and Wavelength Division Multiplexing-PON) システムですが、モバイルなど厳しい伝送遅延条件が要求されるサービスについてはオプションとして規定されている

Point-to-Point (PtP) 型のWDM (PtP WDM) オーバレイの適用が期待されています。また、NG-PON2においては、WDM技術の導入に伴い、在庫管理コストの低減および誤接続防止の観点から、光加入者線ネットワーク装置 (ONU: Optical Network Unit) のカラーレス化が仕様化されています。

■要求条件

G.989.1で規定された要求条件の抜

粋を表2に示します⁽¹⁾。TWDM-PONにおける波長多重数は上り・下り各4 (オプションで各8) であり、伝送速度は3パターンを仕様化しています。例えば波長当りの上り・下り伝送速度10 Gbit/s (上り・下り総帯域40 Gbit/s) はビジネスユーザ向けに、波長当りの上り伝送速度2.5 Gbit/s (上り総帯域10 Gbit/s), 下り伝送速度10 Gbit/s (下り総帯域40 Gbit/s) はマユーザー向けへの適用が考えられます。分岐数および伝送距離はそれぞれ256分岐以上および40 km以上を支持することを仕様化していますが、アプリケーションによって最適な伝送速度、分岐数、伝送距離は異なります。そのため、下り総帯域40 Gbit/s, 伝送距離20 km, 分岐数64など支持すべき組み合わせについても仕様化しています。

■波長装置

NG-PON2の物理層仕様であるG.989.2においては、波長配置が図2のように規定されます。既存のPONシステムや10 Gbit/s級PONとの共存を図るため、NG-PON2向けの波長域は、TWDM-PON用に上り1524~1544 nm (Wide Band option) および下り1596~1603 nmが規定されます。上り波長域については、ONUに適用する波長可変技術や波長チャネル間隔 (最小50 GHz, 最大200 GHz) に応じて、Wide Band optionに加えてReduced Band option (1528~1540 nm), Narrow Band option (1532~1540 nm) の3種類が仕様化されます。

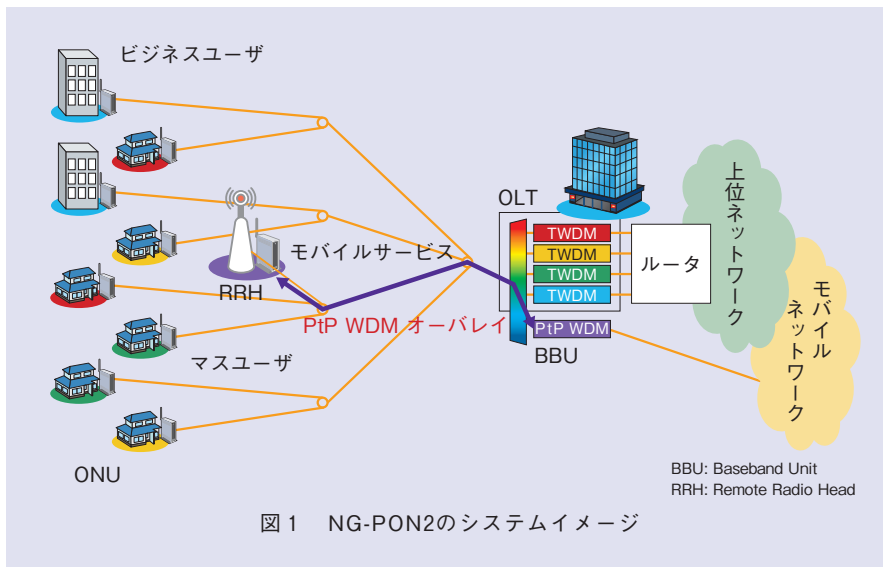
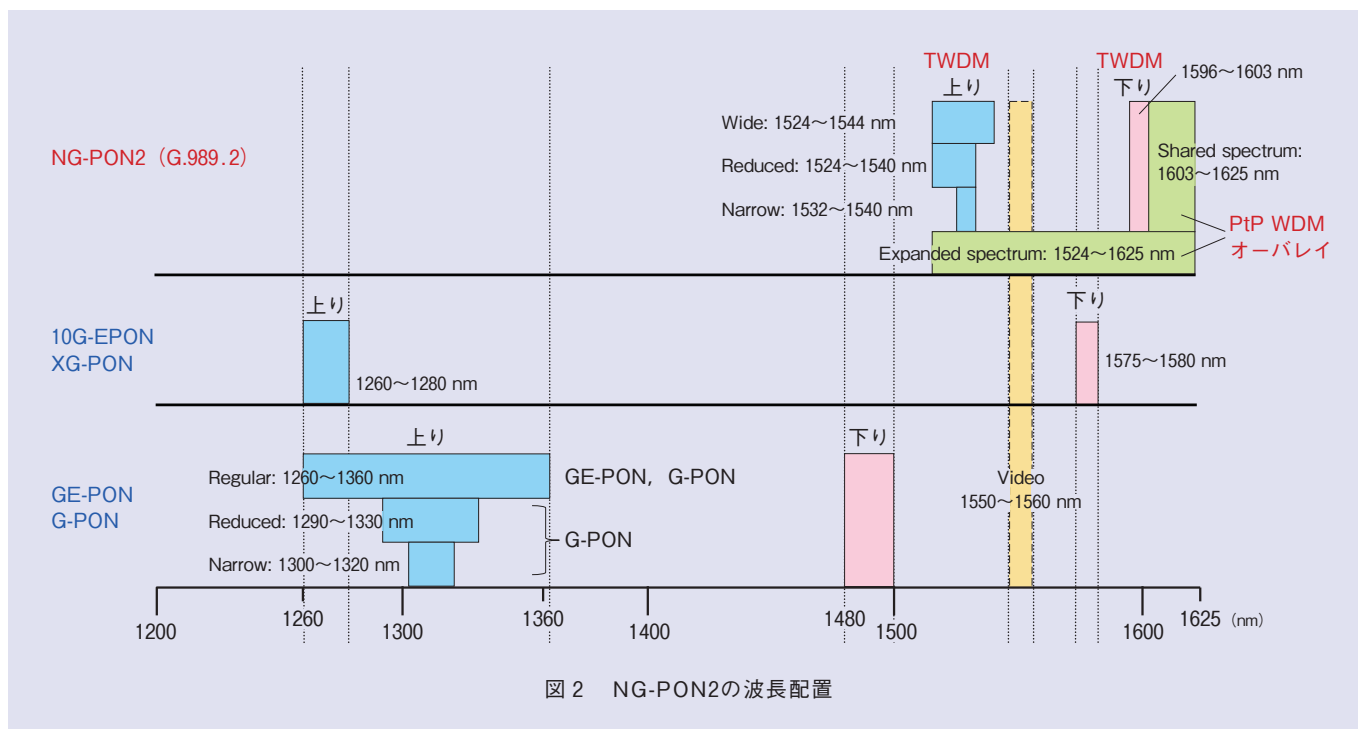


図1 NG-PON2のシステムイメージ

表2 NG-PON2の要求条件 (G.989.1より抜粋)

システム	TWDM-PON (基本システム) PtP WDM オーバレイ (オプション)
総帯域 (波長数4の場合)	下り40 G (10 G × 4 λ), 上り40 G (10 G × 4 λ) 下り40 G (10 G × 4 λ), 上り10 G (2.5 G × 4 λ) 下り10 G (2.5 G × 4 λ), 上り10 G (2.5 G × 4 λ)
分岐数	1 : 256
伝送距離	40 km
共存	すべての既存PONシステム (映像配信システム含む)
サービス	マユーザー, ビジネスユーザ, モバイルバックホウルほか



NG-PON2では上り波長域にC帯が使われることになるため、1波長当りの伝送速度が10 Gbit/sの場合は、ONU送信器に外部変調方式を適用するなど、波長分散耐性の向上を図る必要があります。また、PtP WDM用には、既存PONシステムなどとの共存を図ることを想定した「Shared spectrum」として1603～1625 nmが規定され、さらに、グリーンフィールド向けを想定した「Expanded spectrum」として1524～1625 nmが規定されます。なお、PtP WDMについては、波長域のみが規定され、波長数、上り・下りの波長配置および波長チャネル間隔は規定されません。

NG-PON2のTC層仕様である

G.989.3は、ITU-Tで勧告化された10 Gbit/s級PONシステムのTC層仕様G.987.3をベースに、波長の割当プロトコルを補充するコンセプトで標準化が進められています。具体的には、波長IDの規定法、ONU初期登録時の波長割当法、サービス運用中のONUの波長切替シーケンスなどが補充される予定です。



NG-PON2では、波長ごとに異なるONUを製造・管理する必要をなくするために、ONUの送信器および受信器に波長可変機能を持たせることを必須としています。そのため、波長可変送

信器および受信器の低コスト化が重要となる一方で、サービス運用中にONUの波長可変機能により割当波長を切り替えることで、NG-PON2システムの高機能化が期待されています。高機能化の一例として、波長切替による光加入者線終端装置(OLT: Optical Line Terminal)プロテクション(高信頼性化)技術を図3に示します。通常時に、OLTを構成する3つの光加入者ユニット(OSU: Optical Subscriber Unit)盤は、それぞれ3つの異なる波長が割当てられて運用されており、OSU#1、OSU#2、OSU#3は、それぞれONU1、ONU2およびONU3、ONU4と通信を行っているとなります。ここで、OSU#2に故障が発



今後の展望

ここでは、将来光アクセスシステムの最新標準化動向として、NG-PON2について紹介しました。今後は、G.989シリーズの改訂（Amendment）文書の審議を通じて、主にPtP WDMの仕様化が進展するものと思われます。NTTでは、将来光アクセスシステムの審議に積極的に参画し、国際標準化活動に貢献していきます。

参考文献

- (1) ITU-T Recommendation G.989.1: "40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): General requirements," 2013.

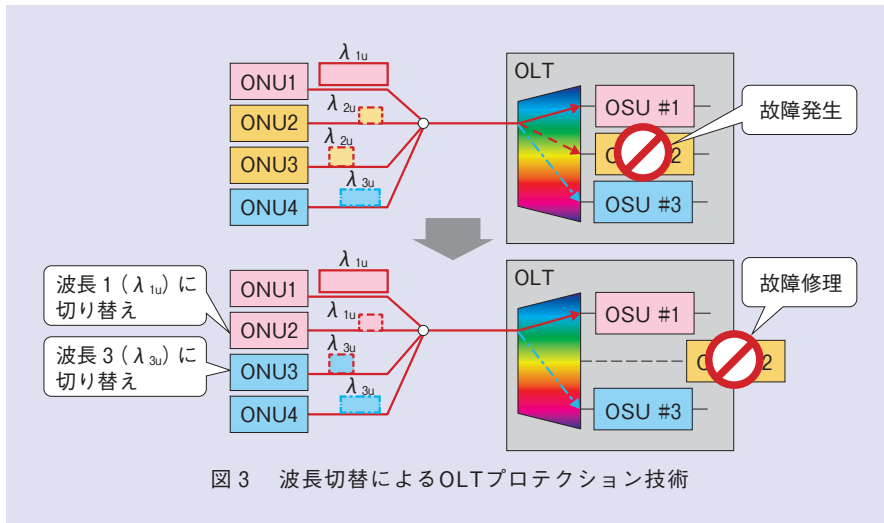


図3 波長切替によるOLTプロテクション技術

生じた際には、通信断絶を防ぐために、ONU2およびONU3は、それぞれ波長を切り替える（ONU2は λ_{2u} から λ_{1u} へ、ONU3は λ_{2u} から λ_{3u} へ切り替える）ことにより別のOSU（ONU2はOSU#1、ONU3はOSU#3）に接続され、通信を継続することが可能となります。

従来のPONシステムにおけるプロテクションでは、冗長性確保のために予備OLTと光スイッチを導入する必要がありましたが、NG-PON2におけるプロテクションは、ONUの波長を切り替えるだけで実現可能なため、予備系の装置類が不要となる特長があります。このほかにも、トラフィックが少ない場合に、すべてのONUを同一の波長に切り替えて同一のOSU盤に接続することにより、ほかのOSU盤をスリープモードで運用する低消費電力化技術も期待されます。これらの機能を実現するうえでは、波長切替を

行っている間に通信への影響を与えないことが求められるため、ONUの波長可変送信器および受信器には、高速な波長切替機能が求められます。

一方で、このようなサービス運用中の波長切替は行わずに、ONUの初期登録時のみ波長切替を行う場合は、ONUに高速な波長切替機能は不要となります。これらの背景のもとに、G.989.2では、ONUに波長切替時間クラスが規定されます。波長切替時間クラスは3段階にカテゴライズされ、クラス1、2、および3は、それぞれ $<10 \mu\text{s}$ 、 $10 \mu\text{s} \sim 25 \text{ms}$ 、 $25 \text{ms} \sim 1 \text{s}$ と規定されます。このようなクラス分けは、ネットワークの高機能化に必要な波長切替時間への要求条件と、現状の波長可変送受信器の性能に基づいて行われています。