

# FTTH方式に関する標準化動向

平成19年4月27日

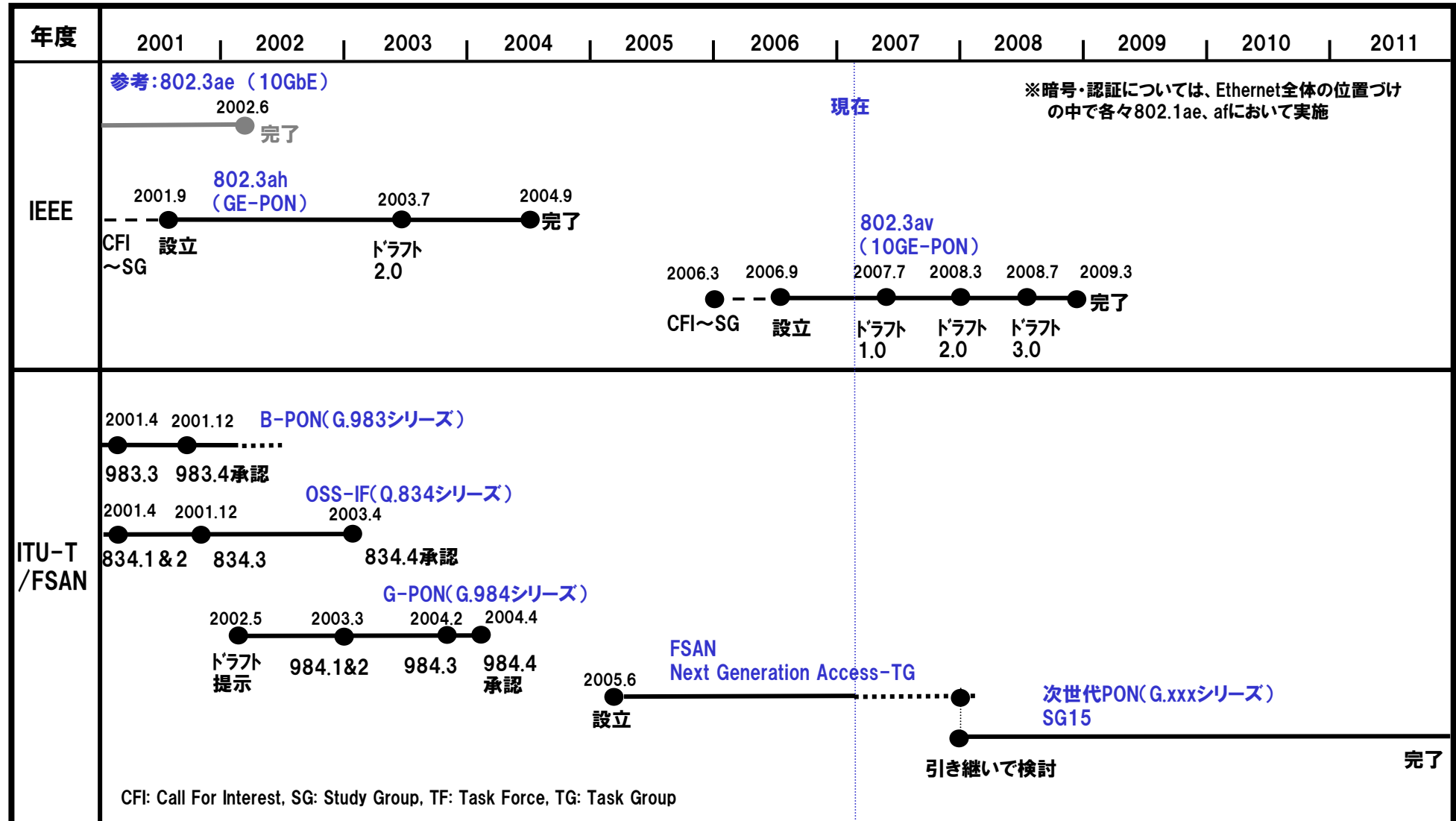
日本電信電話株式会社  NTT

坪川 信

# 内 容

1. FTTHシステム標準化の推移(ITU-TとIEEE)
2. PON方式標準規格概要
3. ITU-TにおけるG.984シリーズ(G-PON) 概要
4. IEEEにおける802.3ah(GE-PON) の概要
5. 今後に向けた動き

# 主なFTTHシステム標準化の推移



# GbクラスPONへの流れ

## B-PONの課題

- イーサネット収容効率が悪い
- UNIとしてイーサネットが要望
- コア系でのATMの役割の相対的な縮小

## イーサネットアクセスの欠如

- 1Gbpsまでの高速化が既に実現
- LAN/WAN/MANでイーサネットが主流
- PONなど光アクセスに適用できない



**新たなフレーム構成を有するギガビットクラスPONへの期待**

**FSAN & ITU-T: 汎用フレームをベースとしてフルサービスに対応  
→G-PON**

**IEEE802.3EFM: イーサフレームをベースとして低コスト化を狙う  
→GE-PON**

# GbクラスのPON標準規格の概要

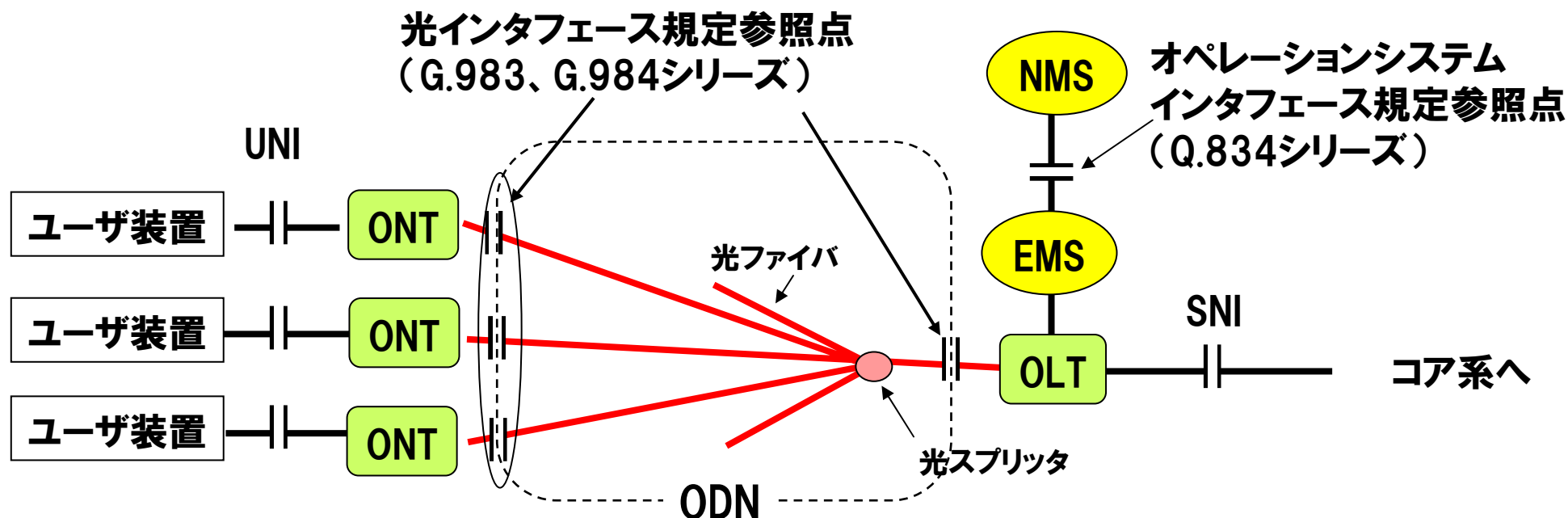
G-PONとGE-PONはフレーム形式および伝送速度が異なる。波長配置や損失規定は両者ほぼ同様。10Gbps方式は1Gbps方式との共存などを含む課題整理が現在進行中で、殆どの項目は未定。

※数値等は、現時点の候補であり、承認済ではない。

標準化団体		ITU-T SG15 / FSAN		IEEE802.3	
システム(規格)		G-PON(G.984)	Next-gen-PON(仮称) ※ (G.xxx)	GE-PON (802.3ah)	10GE-PON (802.3av) ※
標準化完了時期		2004.6	201x.x	2004.9	2009.3
伝送速度	下り	1.25Gbps/2.5 Gbps	未定	1.25Gbps	10Gbps
	上り	155Mbps/622Mbps /1.25Gbps/2.5Gbps	未定	1.25Gbps	1.25Gbps/10Gbps
使用波長	下り	1490nm帯、(1550nm帯 映像)	未定	1490nm帯	未定
	上り	1310nm帯	未定	1310nm帯	1310nm帯
伝送距離		最大60km	未定	最大20km	最大10/20km
光線路損失		5-20/10-25 /13-28/15-30 dB	未定	5-20 (19.5) / 10-24 (23.5) dB	未定
収容ONU数		最大254台	未定	16台以上	16/32台以上
フレーム		GEM/GTC	未定	Ethernet	Ethernet
上りDBA		G.984.3準拠(3方式から選択)	未定	規定なし(スコープ外)	規定なし(スコープ外)
誤り訂正		FEC(オプション)	未定	FEC(オプション)	FEC(扱いは議論中)

# PONの標準化規定点

PONの光信号インタフェースに関するITU-T勧告は、ATMセルを用いたB-PON(G.983)と、PON専用フレームを用いたG-PON(G.984)のシリーズがある。



※ODN(Optical Distribution Network)には、当初、G.982としてクラスA(5-20dB)、クラスB(10-25dB)、クラスC(15-30dB)を規定。G.983で10-28dB、G.984では13-28dBが追加された。

# B-PONとG-PONとの相違点

- ・フルサービスを収容するという狙いは共通。
- ・物理層仕様は、波長配置のように伝送速度と無関係な規格は共通化。
- ・プロトコル等のTC層仕様は、G-PONはB-PONに比べて高機能化。

項目	G-PON(G. 984シリーズ)	B-PON(G. 983シリーズ)
伝送速度	・双方向: 1.24, 2.48 Gbps ・上り: 155, 622 Mbps	・双方向: 155, 622 Mbps, ・下り: 1.24 Gbps
伝送距離	最大60km	最大20 km
光線路損失	5-20/10-25/13-28/15-30 dB	5-20/10-25/10-28/15-30 dB
収容ONU数	最大254台	最大64台
下り暗号化	AES	Churn、AES(オプション)
プロトコル	(ATMセル、GEMフレーム)+GTCフレーム	ATMセル
上りDBA	G.984.3準拠 (3方式から選択)	G.983.4準拠 (1方式のみ)
誤り訂正	FEC (オプション)	無し

GEM: G-PON Encapsulation Method (TDM情報や可変長パケットはGEMフレームに収容)

GTC: G-PON Transmission Convergence (GEMフレームとATMセルと両方をペイロードに収容するフレーム)

# B-PON仕様勧告(G.983シリーズ)

勧告番号	概要	承認
G.983.1	OLT-ONT間物理インタフェース規定	1998/10
G.983.2	OLT-ONT間管理制御インタフェース(OMCI)規定 追加や補正を反映させた改版	2000/4 2002/7
G.983.3	波長多重B-PONにおける各種信号の波長配置規定	2001/4
G.983.4	上り信号の動的帯域割当(DBA)機能規定	2001/12
G.983.5	OLT-ONT間の高信頼度化(SUR)に関する規定	2002/1
G.983.6	上り信号にSUR機能を追加するためのOMCIの拡張	2002/7
G.983.7	上り信号にDBA機能を追加するためのOMCIの拡張	2001/12
G.983.8	IP, VLAN, video等のサービスを追加するためのOMCIの拡張	2003/3
G.983.9	無線LANサービスを追加するためのOMCIの拡張	2004/4
G.983.10	xDSLサービスを追加するためのOMCIの拡張	2004/4

改訂( Amendment )は省略。



# B-PON勧告とG-PON勧告の対応

## B-PON関連勧告

G.983.1(基本仕様)

G.983.2(OMCI)

G.983.3(波長配置)

G.983.4(DBA)

G.983.5(二重化)

G.983.6(二重化OMCI)

G.983.7(DBA OMCI)

G.983.8(サービス対応)

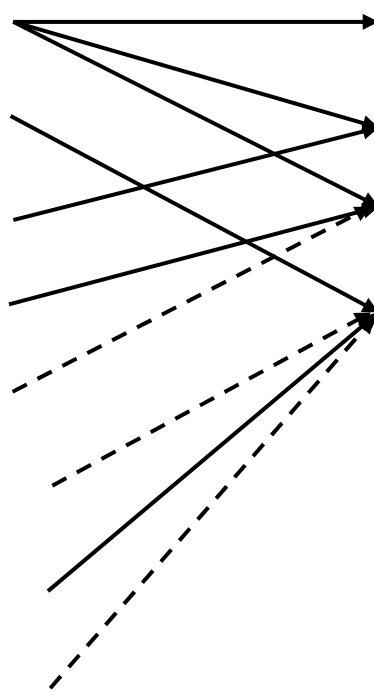
## G-PON関連勧告

G.984.1(サービス要求条件)

G.984.2(物理層仕様)

G.984.3(TC層仕様)

G.984.4(OMCI)



TC: Transmission convergence layer  
DBA: Dynamic Bandwidth Assignment  
OMCI: ONT Management and Control Interface

# G-PON仕様勧告(G.984シリーズ)

4つの勧告が承認されている。

勧告番号	概要 (Title)	承認
G.984.1	G-PON サービス要求条件 (Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics)	2003/3
G.984.2	G-PON 物理層仕様(レーザ出力、受信感度、アイパターン等) (Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification)	2003/3
G.984.3	G-PON TC層仕様(フレーム構成、制御シーケンス等) (Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Transmission convergence layer specification)	2004/2
G.984.4	G-PON ONT管理制御IF規定(OLTがONTの動作を管理制御するためのインタフェース規定) (Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT management and control interface specification)	2004/6

# サービス要求条件(G.984.1)

項目	ターゲット	
サービスと QoSパフォーマンス	フルサービス (10/100Base-T、音声、映像、専用線 etc.)	
ビットレート	双方向1.25Gbps以上。上り速度は155/622Mbpsの低速の非対称構成を含む。	
物理距離	最大20 kmまたは10 km	
論理距離	最大60 km	
分岐数	物理層では最大64、TC層では最大128以上	
波長配置	下り: 1480 – 1500nm 上り: 1260 – 1360nm	下りの映像配信用波長帯域 (1550 – 1560nm)の重畳可能
ODN(光配信網) クラス分類	5-20/10-25/13-28/15-30 dB クラスA、B、B+、C	

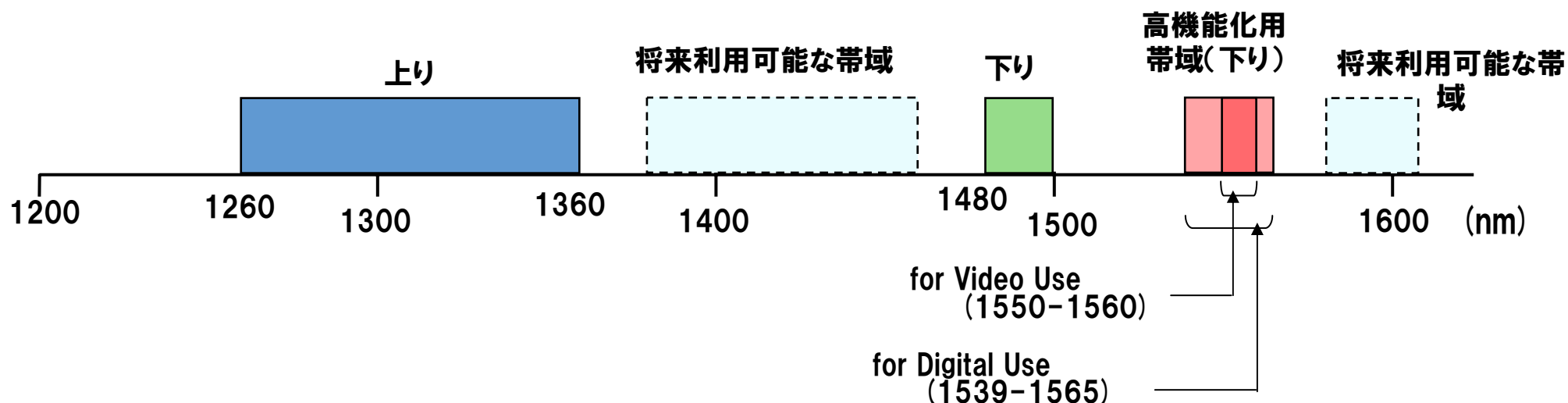
# G-PONの主な物理層仕様(G.984.2)

項目	仕様
ビットレート	1.244Gbps、2.488Gbps:上下両方向に設定可能 155.52Mbps、622.04Mbps:上りにのみ設定可能 誤り率:1E-10以上で規定
分散の影響による誤り訂正	10km 以下: FECによる誤り訂正なしでFP-LD を利用 20km 以下: FECによる誤り訂正を付加した上で、FP-LDを利用(DFB-LD利用時はFECは不要)
光デバイス	LD+ PIN (APD* も利用可能)
上り信号のオーバーヘッド	4Bytes (155.52Mbps)、8Bytes (622.08Mbps) 12Bytes (1.244Gbps)、24Bytes (2.488Gbps)

\*: APDの使用を想定して、送信側に送信光強度制御機構を用いた送受信規定有り。

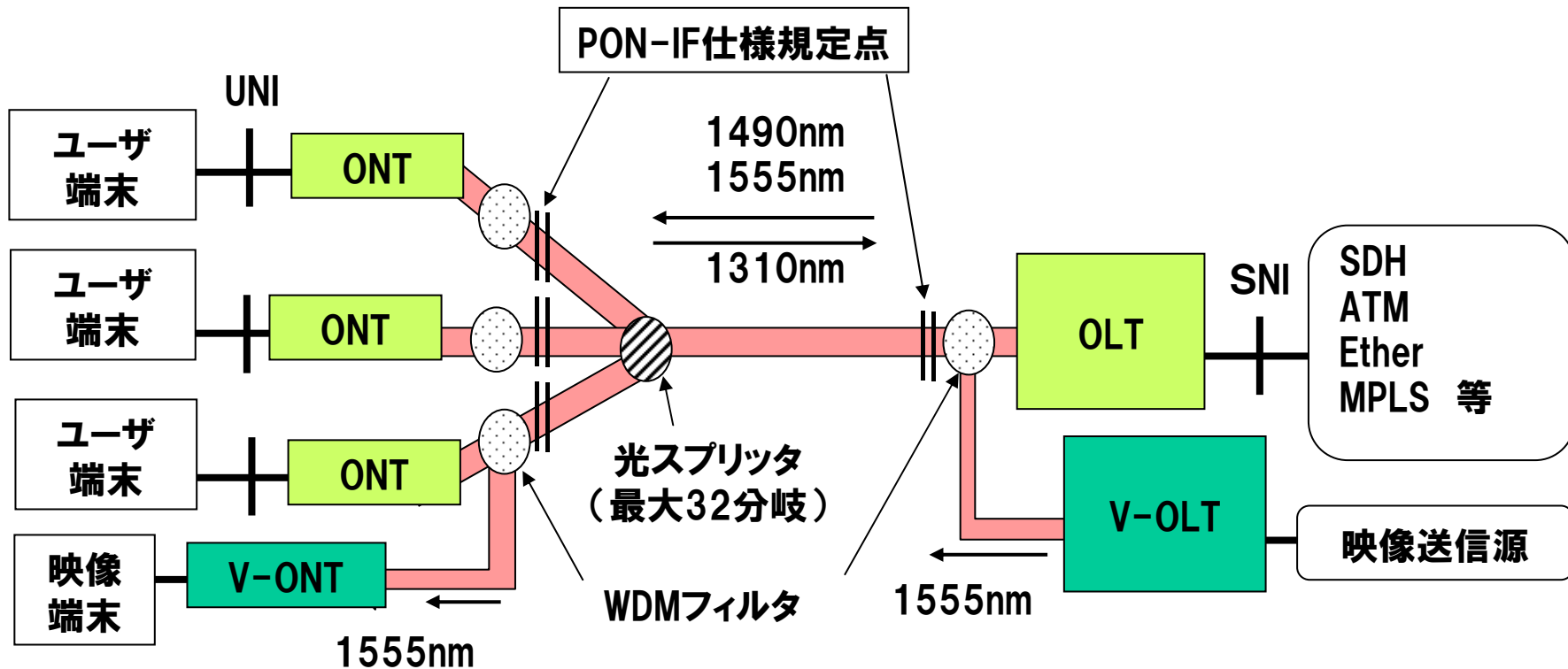
# WDM波長配置(G.983.3準拠)

- PON信号の上り1260-1360nm、下り1480-1500nmの波長配置は、B-PON(G.983.3準拠)、G-PONおよびGE-PONの共通仕様
- 高機能化用帯域はG.983.3のみの規定。ただしG-PONやGE-PONにも適用可能

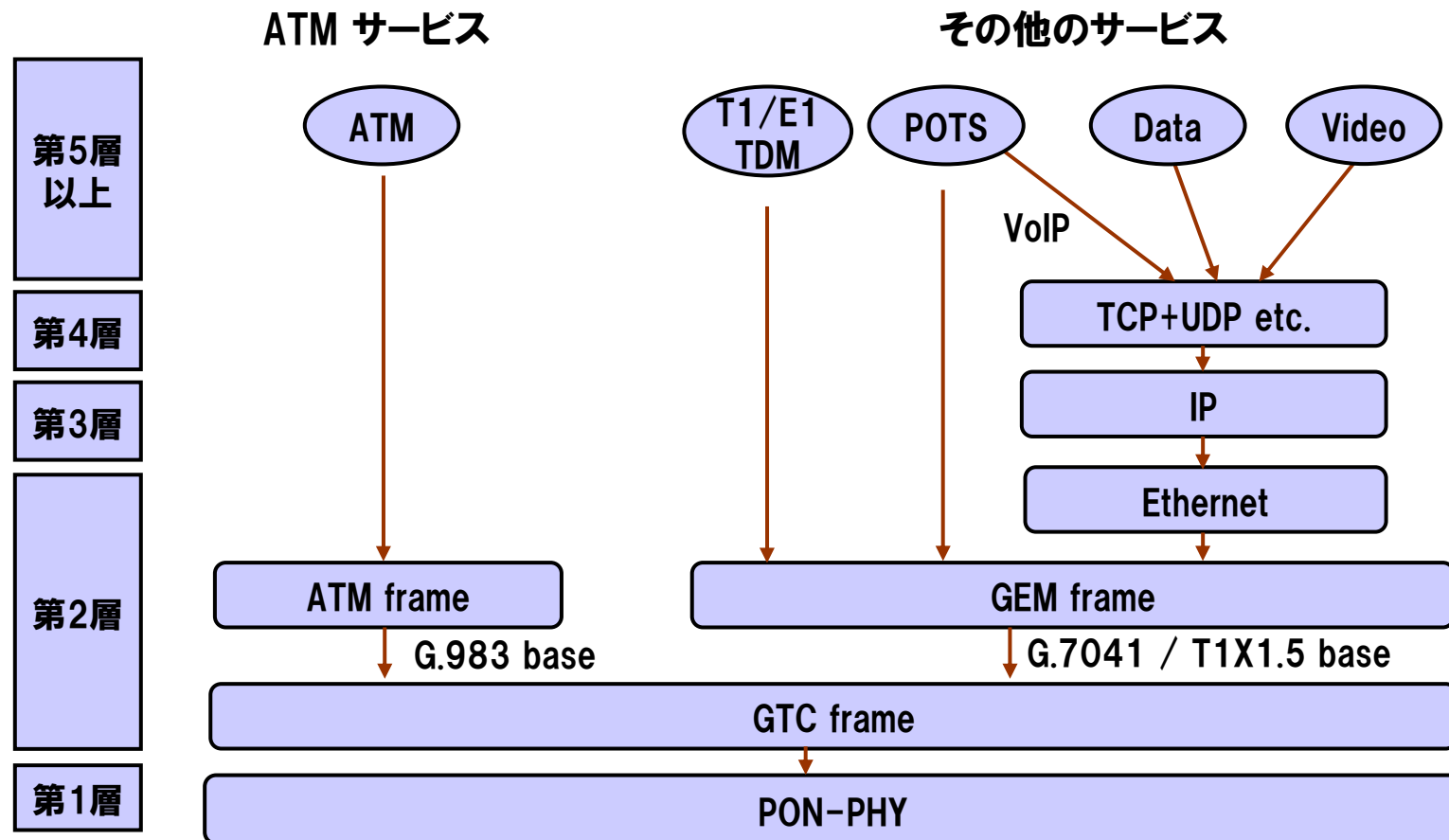


# 3波多重時のPONシステム構成例

OLT-ONT間に映像多重用のWDMフィルタを追加することで追加サービスを合分離可能。



# サービスの収容法(G.984.3)



GEM: G-PON Encapsulation Methodの略。G.7041で定義されたGenericフレームを基にPON用に修正。信号は、ATM/GEMのどちらかで多重され、DBA(Dynamic Bandwidth Assignment)機能により、帯域は動的に制御される。

# 参考:OSS-IF仕様勧告一覧(ITU-T)

勧告番号	概要	承認
Q.834.1	NEビュー管理エンティティ定義	2001/4 2004/5改版
Q.834.2	NWビュー管理エンティティ定義	2001/4 2004/5改版
Q.834.3	プロトコル非依存モデル	2001/12 2004/5改版
Q.834.4	CORBA準拠モデル	2003/4



## 参考: 関連のTTC標準

勧告番号	概要	制定
JT-G982	ISDN一次群または同等速度までのサービス提供をする光アクセス網	1997/11/26
JT-G983.1	受動光網(PON)に基づいた広帯域光アクセスシステム	2005/06/02
JT-G983.2	B-PONにおけるONT管理制御インタフェース規定	2006/06/01
JT-G983.3	波長配置によりサービスケーパビリティを強化した広帯域光アクセスシステム	2006/06/01
JT-G983.4	動的帯域割当機能(DBA)を用いてサービスケーパビリティを強化した広帯域光アクセスシステム	2005/06/02
【参考】 TS-1000	光加入者線インタフェース 100Mbit/s一心WDM方式	2004/01/27

# 参考: 関連の動き (ITU-T FG-IPTV)

## IPTVのアーキテクチャ、技術仕様などを検討

- FG-IPTV (Focus Group) で要求条件、アーキテクチャ、技術仕様などを議論。(リンク方式以外に端末や上位層まで幅広い領域に及ぶためSG9、12、13、15、16、17などが関連)
- 期間は2006.7-2007。基本技術仕様作成後、関連するSGへ移管し、承認/作業継続の予定

課題分野毎に下記の6つのWGを設立し、議論が進められている。FTTHに関連が強いものはアーキテクチャ、ネットワーク制御、端末系、品質確保などの課題。

## 課題別のWG

WG 1: Architecture and Requirements

WG 2: QoS and Performance Aspects

WG 3: Service Security and Contents Protection

WG 4: IPTV Network Control

WG 5: End Systems and Interoperability Aspects

WG 6: Middleware, Application and Content Platforms

# IEEE標準化の動き

## GE-PONの標準化

- EthernetはLANおよびWANで発達したが、有線アクセス市場は未開拓。
- 1Gbpsまでの経済的なEthernet IFが既に存在。
- データ通信の高速化需要に対応したアクセスシステムが必要。

主な課題は、以下の3点。

- 伝送距離 アクセスネットワーク(～20km程度)をカバーするIFが不在  
(100BASE-FX改、1000BASE-LX改、TS-1000)
- メディア 2心光ファイバシステムが中心で1心光双方向IFの不在  
(TS-1000)
- 保守監視 Ethernetのレイヤを保守監視するメカニズムの不在  
(100BASE-FX改、1000BASE-LX改、TS-1000)

※TS-1000: TTC標準。メディアコンバータの仕様でEthernetの仕様にOAMと1心双方向、長距離PHY規格を追加した規格。

# 802.3ahのインターフェースシリーズ

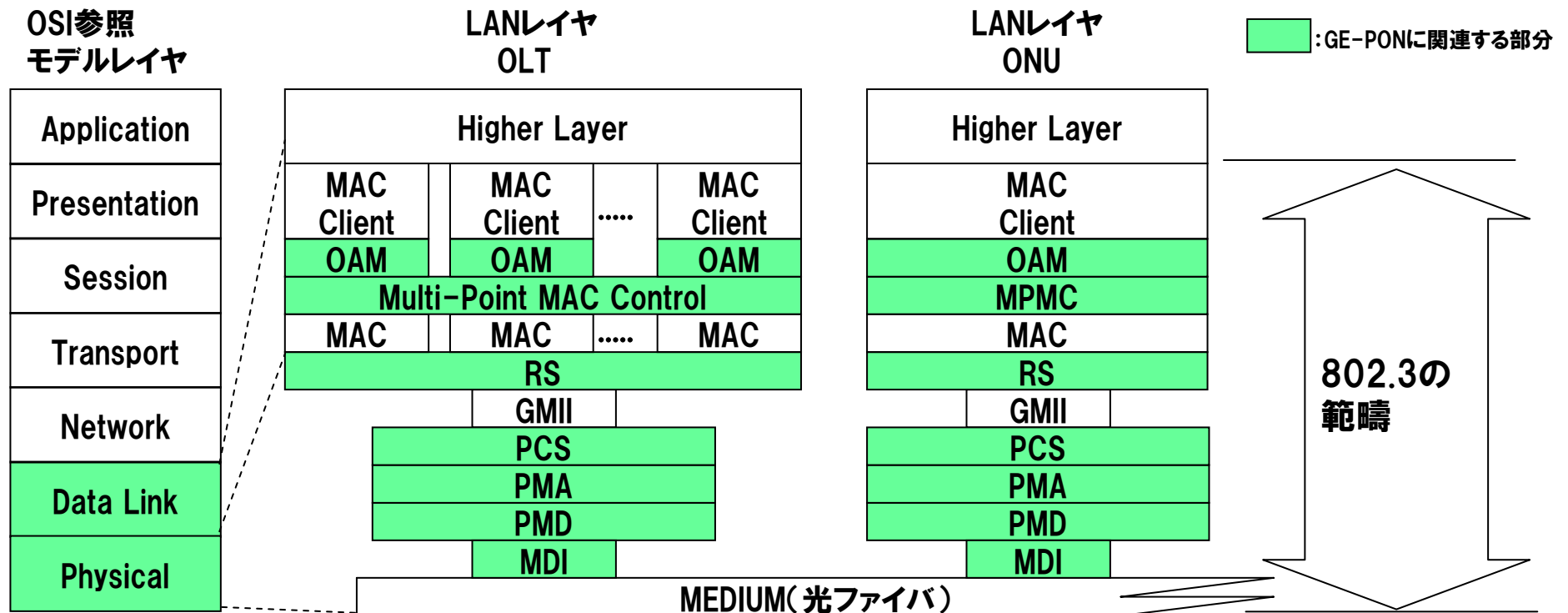
イーサネットをアクセスネットワークへの適用するために以下のIFを追加

- メタリックペア線によるIF(2Mbps、10Mbps)
- 光ファイバ2心のポイント-ポイント10Km IF(100Mbps、1Gbps)
- 光ファイバ1心のポイント-ポイント10Km IF(100Mbps、1Gbps)
- 光ファイバ1心のポイント-マルチポイント(PON) 10Km, 20Km(1Gbps)
- インタフェース共通のOAM (Operation, Administration and Maintenance)

Copper Pair	P-P	2Mbps	2BASE-TL	2700m		
		10Mbps	10PASS-TS	750m		
Fiber	P-P	100Mbps	2-SMF	100BASE-LX10	10km	波長:1.31 μm
			1-SMF	100BASE-BX10	10km	波長:上り1.31 μm 下り1.55 μm
		1Gbps	2-SMF	1000BASE-LX10	10km	波長:1.31 μm
			1-SMF	1000BASE-BX10	10km	波長 上り1.31 μm 下り1.49 μm
	PON	1Gbps	1-SMF	1000BASE-PX10	10km	
			1-SMF	1000BASE-PX20	20km	

# 802.3ahのレイヤ構造

- 1層と2層でTDM/TDMAを実現
- PCS層でデータ符合化を行い、FECをオプションで規定
- RS層で規定するプリアンプルに識別子を設定し、イーサネットフレームを識別(各ONUをLLIDで識別)
- マルチポイントMAC制御層で各ONUのディスカバリ、OLTとの距離測定、時刻同期、上りパケット送信制御を実施
- OAM副層を新規に設け、OAMフレームを用いて障害検知や試験・監視などを実施



# PMD、PMA規定の概要

ITU-T G.984シリーズ(G.GPON)の物理規定に類似するが、既存の1000BASE-Xを意識した規定

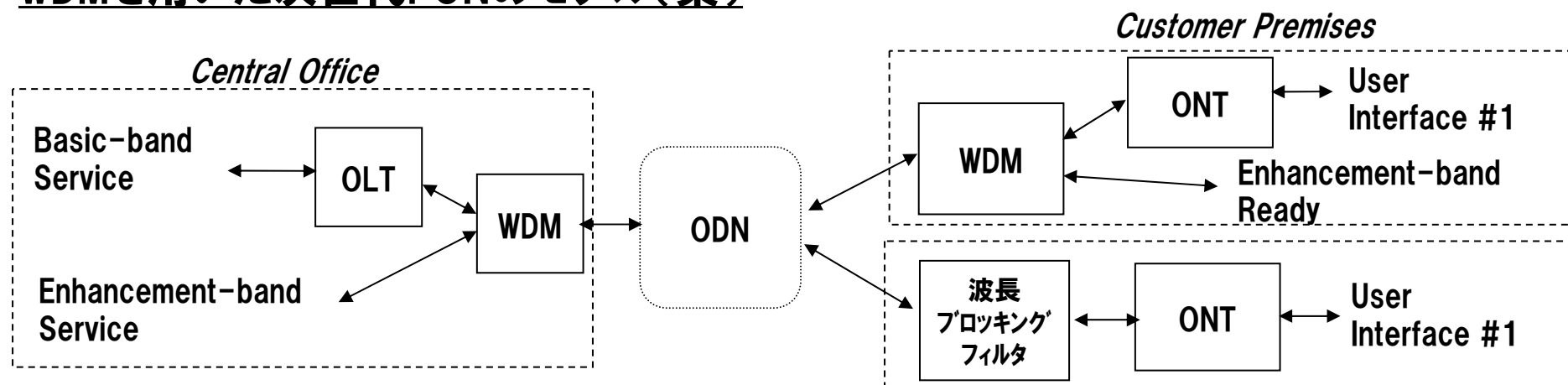
IF規格名 主な項目	1000BASE-PX10		1000BASE-PX20	
	上り	下り	上り	下り
伝送媒体	1心SMF		1心SMF	
伝送距離	0.5m ~ 10Km (16分岐)		0.5m ~ 20Km (16分岐)	
送信出力	-1 ~ +4dBm	-3 ~ +2dBm	-1 ~ +4dBm	+2 ~ +7dBm
受信感度	-24 ~ -1dBm	-24 ~ -3dBm	-27 ~ -6dBm	-24 ~ -3dBm
送信波長	1260 ~ 1360nm	1480 ~ 1500nm	1260 ~ 1360nm	1480 ~ 1500nm
消光比	6dB		6dB	

# 次世代PONに向けた動き (ITU-T/FSAN)

## FSAN NGA-TG (2005.6発足)

- 主に4つの技術要素に関して議論を実施
- マイグレーション技術、10G-PON、WDM-PON、PON長延化技術
- 具体的な検討課題には、波長配置、波長ブロックフィルタ、経済性などが含まれる
- 既存システムとの共存形態を基本と考えている
- 内容は、ITU-T SG15の次期会期で継続議論される予定

## WDMを用いた次世代PONのモデル(案)



# 10Gb-PONに向けた動き (IEEE)

## 802.3av (2006.6発足)

- 標準化完了スケジュールは2009.3。ドラフトv1.0は早ければ今年7月作成
- 10G-EPONのPHYレイヤ仕様(物理レイヤ、光レイヤ)だけにフォーカス
- 具体的課題は、伝送レート、既存システムとの共存方法、ロスバジェット、波長配置、FEC(誤り率訂正法)、フレーム構成、バーストシンクロなど。MAC層及び暗号化(制御フレーム、MACアドレスなど)は対象外。

## 状 況

- 仕様の多くは未定で議論中
- 高速化に対する感度改善のためにFECや増幅器適用なども検討されている。
- 既存システムとの共存(coexisting)は重要課題の1つであり、そのためにDual-rate対応技術(1G/10G両方を収容)や波長配置(WDM)なども議論中
- 各課題をAd-hoc (Optical link model, FEC framing, Dual-rate PMD, Power budget proposals, PMD types and naming, Wavelength plan) に分けて取り組み中(2007.4現在)