

TR-EPON

Ethernet PON システム

Ethernet PON System

第 1 版

2015 年 12 月 7 日制定

一般社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

<参考>	4
はじめに	6
1. 概要	7
2. 定義及び略語	7
3. 取り決め	7
4. システム仕様	9
4.1 ODN アーキテクチャ	9
4.2 EPON システムアーキテクチャ	9
4.3 参照モデル	9
4.4 シナリオ及びサービス	9
4.5 物理層仕様	9
4.6 システム仕様	9
5. 相互接続性規定	11
5.1 適合性試験	11
5.2 相互接続試験	11

<参考>

1. 国際勧告等との関連

本技術報告は、IEEE 1904.1 作業部会において作成された IEEE 標準 1904.1 (2013 年 6 月承認)、同作業部会において作成された IEEE 標準 1904.1 Conformance 01、同 02、及び同 03 (いずれも 2014 年 12 月承認)、ITU-T SG15 会合において勧告化された ITU-T 勧告 G.9801 (2013 年 8 月承認)、及び同会合において承認された ITU-T G.9801 Implementers' guide (2014 年 12 月承認) に準拠している。

2. 上記国際勧告等に対する追加項目等

2.1 オプション選択項目

特になし

2.2 ナショナルマター項目

特になし

2.3 原標準に対する変更項目

特になし

3. 改版の履歴

版数	制定日	内容
第 1 版	2015 年 12 月 7 日	初版制定

4. 工業所有権

本技術報告に関わる「工業所有権等の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTC ホームページ (<http://www.ttc.or.jp/>) 参照のこと。

5. 参照する主な勧告、標準

IEEE 標準

- [1] IEEE standard 1904.1-2013, Service Interoperability in Ethernet Passive Optical Networks (SIEPON)
- [2] IEEE standard 1904.1-Conformance01-2014, Conformance Test Procedures for Service Interoperability in Ethernet Passive Optical Networks, IEEE Std 1904.1 Package A
- [3] IEEE standard 1904.1-Conformance02-2014, Conformance Test Procedures for Service Interoperability in Ethernet Passive Optical Networks, IEEE Std 1904.1 Package B
- [4] IEEE standard 1904.1-Conformance03-2014, Conformance Test Procedures for Service Interoperability in Ethernet Passive Optical Networks, IEEE Std 1904.1 Package C
- [5] IEEE standard 802.3-2012, IEEE Standard for Ethernet

ITU-T 勧告

- [6] ITU-T Recommendation G.9801 (2012), Ethernet passive optical networks using OMCI
- [7] ITU-T Recommendation G.988 (2010), ONU management and control interface (OMCI) specification
- [8] ITU-T Implementers' Guide for Recommendation G.9801 (2014), Conformance and interoperability test plans for OMCI-EPON

6. 作成部門

アクセス網専門委員会

7. 制作体制

本技術報告は、情報転送専門委員会 (WG1300) の光アクセス網 SWG (SWG1304) において 2014 年 10 月までになされていた検討を、2014 年 10 月に新設されたアクセス網専門委員会 (WG2400) の次世代光アクセス網 SWG (SWG2401) において引き継いで作成されたものである。

はじめに

日本では FTTH サービスを提供する光アクセスシステムとして、IEEE 標準 802.3 に準拠した EPON システムが、2004 年以降主として用いられている。現在は 1Gbit/s 双方向の伝送容量を有する 1G-EPON (通称 GE-PON) システムが用いられているが、今後は 10Gbit/s 双方向の伝送容量を有する 10G-EPON システムが導入されることが予想される。しかし IEEE 標準 802.3 は Ethernet 層までしか規定していないため、日本で導入された EPON システムを含む全世界の EPON システムは、導入した各社が IEEE 標準 802.3 の規定より上位層のシステム仕様を独自に策定したことから、国際的に統一された EPON システム仕様はなかった。

そこで IEEE では、2009 年に IEEE1904.1 作業部会を設立し、EPON のシステム仕様を IEEE 標準 1904.1 (通称 SIEPON : Service Interoperability in Ethernet Passive Optical Networks) として 2013 年に標準化し、さらにその適合性試験規定を IEEE 標準 1904.1 Conformance01、同 02、及び同 03 として 2014 年に標準化した。しかし IEEE 標準 1904.1 作成時には既に、日本以外にも中国や米国などで EPON システムは広く導入されていた。このため IEEE 1904.1 作業部会は、既存の EPON システム仕様の共通部分を抽出して標準化すると共に、これらの EPON システム仕様の相違点を個別部分として記載し、共通部分と個別部分とを組み合わせた Package を EPON システム全体の仕様とした。なおシステム仕様を規定した IEEE 標準 1904.1 ではこれらの Package を 1 つの文書にまとめて記載しているが、適合性試験を規定した IEEE 標準 1904.1 Conformance では Package ごとに 3 つの文書としている。

他方 ITU-T は、複数の PON システム仕様を標準化している。G.983 シリーズ (通称 B-PON) を 1998 年に、G.984 シリーズ (通称 G-PON) を 2004 年に、そして G.987 シリーズ (通称 XG-PON) を 2010 年に、それぞれ標準化を完了し、次世代の PON システムとして G.989 シリーズ (通称 NG-PON2) の標準化を行っている。これらの PON システムの物理層及びデータリンク層の規定に互換性はないものの、PON 管理規定は OMCI (ONU management and control interface) として共通化されている。

そこで ITU-T は、物理層規定とデータリンク層規定は EPON システム仕様である IEEE 標準 802.3 と IEEE 標準 1904.1 のうち Package B を引用し、PON 管理規定に OMCI を適用した G.9801 (通称 G.epon) を勧告化することで、EPON システムを ITU-T における一連の PON システムの一つに組み込んだ。さらにその相互接続試験規定を、G.9801 Implementers' guide として標準化した。

本技術報告は、上述の EPON に関する国際標準化動向を踏まえ、IEEE 標準 1904.1 と ITU-T 勧告 G.9801 との関連を明確化することで EPON システム全体の実装構成を示し、さらに IEEE 標準 1904.1 Conformance 02 及び ITU-T G.9801 Implementers' guide に基づいて EPON システムの適合性試験及び相互接続試験のガイドラインを記す。

1. 概要

EPON (Ethernet Passive Optical Network) システムは、IEEE 標準 802.3 及び IEEE 標準 1904.1 に基づいて設計された PON システムに対する汎用的な名称である。伝送容量は、1Gbit/s 双方向及び 10Gbit/s 双方向をサポートしている。

本技術報告では、IEEE 標準 1904.1 に準拠した EPON システムと、当該 EPON システムの拡張 OAM 規定の一部に代えて OMCI (ONU Management and Control Interface) を適用した ITU-T 勧告 G.9801 に準拠した EPON システムについて、それらの実装構成を示すと共に、適合性試験及び相互接続試験のガイドラインを記述する。

2. 定義及び略語

本技術報告で規定する定義は、IEEE 標準 1904.1 の 3.1 Definitions 及び ITU-T 勧告 G.9801 の 3. Definitions で規定された定義を用いる。ただし上記の IEEE 標準及び上記の ITU-T 勧告間で内容に相違が生じた場合は、上記の ITU-T 勧告に従うものとする。

本技術報告で規定する略語は、IEEE 標準 1904.1 の 3.2 Acronyms and abbreviations 及び ITU-T 勧告 G.9801 の 4. Abbreviations で規定された略語を用いる。ただし上記の IEEE 標準及び上記の ITU-T 勧告間で内容に相違が生じた場合は、上記の ITU-T 勧告に従うものとする。

3. 取り決め

IEEE 標準 802.3 は、1Gbit/s 双方向及び 10Gbit/s 双方向の伝送容量を有する EPON 装置について、Ethernet 層仕様までを規定する。

IEEE 標準 1904.1 は、IEEE 標準 802.3 に加えて、EPON のサービスレベルにおけるマルチベンダ化を実現するために必要なシステムレベルでの要求条件を規定する。具体的な規定は、以下の通りである。

- 装置機能、トラフィックエンジニアリング、及びサービスレベルでの QoS/CoS メカニズムを含む、EPON におけるシステムレベルでの相互接続規定
- 装置管理、サービス管理、及び電力管理を含む管理規定

ITU-T 勧告 G.9801 は、IEEE 標準 1904.1 の Package B の管理規定における拡張 OAM 規定の一部に代えて、ITU-T 勧告 G.988 の Annex C で規定した OMCI (ONU Management and Control Interface) を適用した EPON システムを規定する。さらにその ODN (Optical Distribution Networks) は、IEEE 標準 802.3 及び ITU-T 勧告 G.983 シリーズ、同 G.984 シリーズ及び同 G.987 シリーズで定義された既存の ODN と互換性を有し、かつこれら既存の PON システムと同一 ODN 上で共存可能な仕組みも規定する。

IEEE 標準 1904.1 に準拠した EPON システムと ITU-T 勧告 G.9801 に準拠した EPON システムは、共に 1Gbit/s 双方向及び 10Gbit/s 双方向の伝送容量をサポートするなど、PON 管理機能の一部が異なる以外は共通の仕様となっている。以下に、上記の両 EPON システムの装置構成上の相違点を、EPON 装置の実装構成に基づいてより具体的に説明する。

図 2-1 は、IEEE 標準 1904.1 における EPON システムの実装構成を、ONU アーキテクチャを例に示す。ここで、Operation, Administration, and Management と記された部分は PON 管理の機能要素を列記しており、拡張 OAM 規定と呼ばれている。IEEE 標準 1904.1 の 5.3.3.2 項によると、Alarms、Statistics、Provisioning 及び Power Saving は OAM Client functions と、SNMP、IGMP/MLD、Protection 及び Authentication は OAM functions と、Discovery and Registration、GATE MPCPDU processing 及び REPORT MPCPDU generation は MAC Control Client functions と、それぞれ呼ばれている。

4. システム仕様

4.1 ODN アーキテクチャ

ITU-T 勧告 G.9801 の 6. Architecture of the optical access network による。

4.2 EPON システムアーキテクチャ

ITU-T 勧告 G.9801 の 5. Conventions または IEEE 標準 1904.1 の 5.3 EPON System architecture による。

両者の違いは、PON 管理機能部分のうち OAM Client functions に関するもので、ITU-T 勧告 G.9801 では ITU-T 勧告 G.988 で規定された OMCI 仕様を実装するのに対し、IEEE 標準 1904.1 では同標準で定義される拡張 OAM 仕様を実装する。

4.3 参照モデル

IEEE 標準 1904.1 の 6. MAC Client Reference Model 及び 7.Connectivity configurations による。

4.4 シナリオ及びサービス

EPON システムの適用シナリオには、ブロードバンドサービスおよび電話サービスといった FTTH (Fiber to the home) 、さらに専用線も適用範囲に入る小規模ビジネス向けの FTTO (Fiber to the office)、また、FTTH や FTTO を集合型 ONU で複数加入者に提供する FTTB (Fiber to the building) がある。これらに加え、xDSL のバックホールになる FTTC (Fiber to the curb) や FTTCab (Fiber to the cabinet) 、無線基地局のバックホールになる FTTCcell、屋外設置のシナリオも考えられる。

EPON システムが提供するサービス例としては、電話、TV、高速インターネットアクセス、モバイルバックホール、L2 VPN サービス、IP サービスが挙げられる。

詳細は、ITU-T 勧告 G.9801 の 7. Scenarios and services を参照のこと。

4.5 物理層仕様

(1) PMD (物理媒体依存層) サブレイヤ

本項では、EPON システムの物理媒体依存層 (PMD: physical media dependent layer) 仕様を示す。EPON システムは、IEEE 標準 802.3 の以下の節に定められたパラメータ値を満たさなければならない。

1Gbit/s リンク仕様：IEEE 標準 802.3 の 60 節による。

10Gbit/s リンク仕様：IEEE 標準 802.3 の 75 節による。

(2) MAC (媒体アクセス制御) 、RS (リコンシリエーション副層) の拡張と PCS (物理符号化副層)

/PMA (物理媒体接続部)

本項では、EPON システムのデータリンク層仕様と PMD サブレイヤを除く物理層仕様を示す。

詳細は、ITU-T 勧告 G.9801 の 9.2.1 Extensions of the reconciliation sublayer (RS) and physical coding sublayer (PCS) /physical media attachment (PMA) による。

4.6 システム仕様

(1) システムレベル仕様

システムレベル仕様は IEEE 標準 1904.1 に基づき、加えて、動的帯域割当 (DBA: Dynamic bandwidth assignment) およびレーザ安全性についての要求事項も含む。

詳細は、ITU-T 勧告 G.9801 の 8.2 System level requirements による。

(2) オペレーション仕様

オペレーション仕様は IEEE 標準 1904.1 Package B で規定される。さらに、ITU-T 勧告 G.9801 準拠 EPON システム (以下、OMCI-EPON と記す) への追加仕様を以下に示す。

a) ONU 管理

① OMCI 管理 ONU

ネットワーク・オペレーションの観点から、OMCI-EPON すなわち OLT を、それに接続している複数の ONU と共に一つのエンティティとして管理する (ONU は可能な限り OLT 経由で制御する) 必要がある。このため、OMCI-EPON は、ITU-T 勧告 G.988 の Annex C で規定された OMCI を通じて、全ての PON リアルタイム管理を実現する。

② デュアル管理 ONU

OMCI EPON は、EPON OMCI と他の遠隔制御機能で分担して、共同 ONU 管理を実施してもかまわない。

b) PON 管理

FTTH 展開の初期に CAPEX を最小化することが重要である一方、FTTH の完全展開に伴う CAPEX と OPEX のバランスを最適化することはもちろん、OPEX を減少させることもさらに重要になりつつある。PON 管理の最終目標は、サービスの利用可能帯域幅を損なわない可能な限り多くの試験と診断機能を導入し、その CAPEX の増加も抑えつつ、PON システムの OPEX を減少させることである。試験と診断機能はサービスに影響を与えてはならない。

光部分と電気部分の間での障害弁別機能や、障害が ODN での発生か装置での発生かの切り分け機能は、オペレータの主要な要求事項である。通常、ONU Dying Gasp アラームの有り (すなわち、電源または装置故障)、または、無し (すなわち、ファイバ故障) から推定を行うことができる。OMCI-EPON における PON 管理のキーポイントは、以下のように要約できる。

- 光トランシーバの状態モニタ機能：

IEEE 標準 1904.1 の 9.1.5 節による。

- ODN 監視／試験：

PON システムと独立した、ODN 状態の監視とオンデマンド試験は、ODN 故障と装置故障の切り分けのために重要である。ONU がサービス中であっても、もしくは、たとえ未接続状態であっても、このような監視や試験が可能であることが望ましい。光パルス試験器 (OTDR: Optical Time Domain Refletmeter) は、ODN のこのような障害を診断するための強力なツールであり、パワーメータと光源も診断時の補助として使われる可能性がある。ODN の監視／試験をさらに改良するために幾つかの切り分け装置が研究中である。

OMCI-EPON システムには、自動かつ自律的に ODN 障害を検出／特定する機能が役立つことになる。これは、RE 適用時に最大 60km の長さになり得る、CO から初段のスプリッタまでの間のフィーダー区間において特に重要である。

- Ethernet レイヤまでの End-to-end 性能モニタ

End-to-end 性能モニタは、どこで顧客トラフィックが廃棄されたり絞られたりしているのかを、オペレータが診断／特定できるようにする。Ethernet 性能モニタのような、より高いレイヤのツールが、PON ネットワークエレメントの入出力トラフィックフローの監視／照合を実施するために必要となる。

- 能動保守 vs 受動保守

モニタ／制御システムを有する PON システムでは、ほとんどの障害ケースにおいて、能動保守と受動保守のどちらを取るかの判断がオペレータにとって可能となる。もちろん、PON 状態レ

ポートをどのように使用するか決めるのはオペレータ次第である。

5. 相互接続性規定

相互接続性を確認する試験仕様は、標準仕様に対する装置の整合性を確認する適合性試験と、相異なるベンダーが製作した OLT と ONU をサービスモデルに基づいて相互接続性を確認する相互接続試験に大別される。IEEE 標準 1904.1 conformance では、OLT と ONU のそれぞれについて適合性試験により標準仕様への適合を確認することで、OLT と ONU との相互接続性を保証する。一方 ITU-T G.9801 Implementers' Guide では、ONU についての適合性試験仕様に加え、異なるベンダー製の OLT と ONU を接続する相互接続試験仕様を規定している。なお ITU-T G.9801 Implementers' Guide では、相互接続試験に必要な PON システムのサービスモデルについては、世界各国の通信事業者に受け入れられている BBF (Broadband Forum) の技術仕様書である TR-156 (Using GPON Access in the context of TR-101) を参照している。

5.1 適合性試験

IEEE 標準 1904.1 に準拠した管理規定である拡張 OAM を適用するシステムの場合は、IEEE 標準 1904.1 conformance01、同 02 及び同 03 における ONU を対象とする試験項目参照して適合性試験を実施する。

また、ITU-T 勧告 G.988 の Annex C に準拠した管理規定である OMCI を適用するシステムの場合は、ITU-T G.9801 Implementers' Guide の 8.Conformance test cases for ONU を参照して適合性試験を実施する。なお、OMCI を適用するシステムにおいても EPON 固有の部分については、IEEE 標準 1904.1 conformance02 と共通となっている。

5.2 相互接続試験

IEEE 標準 1904.1 conformance では相互接続試験仕様を規定しておらず、前述のように OLT と ONU のそれぞれについて適合性試験を実施することにより標準仕様への適合を確認することで、OLT と ONU との相互接続性を保証する。このため、IEEE 標準 1904.1 に準拠した管理規定である拡張 OAM を適用する EPON システムにおいて相互接続性を実証したい場合は、必要に応じて IEEE 標準 1904.1 conformance で規定された手順に新たな独自の手順を追加することで、相互接続試験を実施する。

ITU-T 勧告 G.988 の Annex C に準拠した管理規定である OMCI を適用する EPON システムの場合は、ITU-T G.9801 Implementers' Guide の 9.Interoperability test cases for OLT and ONU pairing を参照して相互接続試験を実施する。なお、OMCI を適用する EPON システムにおいても EPON 固有の部分については、IEEE 標準 1904.1 conformance02 の OLT を対象とする試験項目を参照して相互接続試験を実施する。この場合は、IEEE 標準 1904.1 conformance02 における OLT 試験機を適合性試験に適合した ONU に置き換えることにより、IEEE 標準 1904.1 conformance02 に記述された OLT の適合性試験仕様を相互接続試験仕様と位置付ける。